

**RADARKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN
AM MENSCHLICHEN HERZEN
BEI VERSCHIEDENEN HERZERKRANKUNGEN**

Franz Schaffer

1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554614_0058

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie

der Universität München

Direktor: Prof. Dr. J. Lissner

RADARKYMOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

AM MENSCHLICHEN HERZEN

BEI VERSCHIEDENEN HERZERKRANKUNGEN

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München



vorgelegt von

Franz Schaffer

aus

Thalersdorf

Jahr

1976

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. J. Lissner

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 21. 12. 1976



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG	1
A ALLGEMEINER TEIL	
1. Rückblick und Einführung	2
2. Kurvenformen nach HECKMANN	7
1. Normale Pulsationen	8
Normale Kurvenform in der Systole	8
Normale Kurvenform in der Diastole	9
Vorhofkurven	9
Pulsationen der großen Gefäße	10
2. Pathologische Bewegungsformen des Ventrikels und der großen Gefäße bei verschiedenen Herzkrankheiten:	
Myocardschwäche	12
Vorhofseptumdefekt	14
Mitralinsuffizienz	15
Mitralstenose	15
Aorteninsuffizienz	16
Aortenstenose	16
Störungen der elektrischen Erregungsausbreitung	17
B EXPERIMENTELLER TEIL	
1. Methode	
1. Prinzip der radarkymographischen Untersuchung	18
2. Eichung	23
Arbeitstabelle	26
3. Technische Probleme und Fehlerquellen	27
2. Untersuchte Parameter	30
3. Untersuchungsmaterial	35
1. Normalpersonen unter 40 Jahren	35

B 3.2. Normalpersonen über 40 Jahre	35
3. Hypertoniker über 60 Jahre	35
4. Hypertoniker zwischen 40 und 60 Jahren	37
5. Hypertoniker unter 40 Jahren	37
6. Vorderwand-Spitzen-Infarkt	37
7. Vorhofseptumdefekt	39
8. Vorhofseptumdefekt und Mitralinsuffizienz	39
9. Mitralinsuffizienz	39
10. Mitralstenose	41
11. Kombiniertes Aortenvitium	41
12. Aorteninsuffizienz	41
13. Aortenstenose und IHSS	42
4. Ergebnisse	44
1. Beschreibung der Ergebnisse	
1. Amplituden	45
2. Amplitudendifferenz	46
3. Latenzzeit im Ventrikelbereich	46
4. Zeit zwischen R-Zacke und schneller Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße	46
5. Geschwindigkeit der schnellen Lateralbewegung der großen Gefäße	47
6. Dauer der Lateralbewegung der großen Gefäße	47
7. Beginn der Medialbewegung und der Lateralbewegung als relativer Anteil an der Aktionsdauer	48
8. Standardisierung	49
9. Prozentualer Anteil der vier zeitgleichen Kurvenviertel	50
10. Geschwindigkeit	51

B 4.2. Graphische Darstellung der Ergebnisse von einigen Parametern	54
3. Tabellen	
Schlüssel der Patientengruppen	69
Schlüssel der Parameter	70
Tabellenwerk	71
5. Diskussion	93
Normalpersonen	93
Hypertonus	95
Vorderwand-Spitzen-Infarkt	97
Vorhofseptumdefekt	99
Mitralvitium	100
Aortenvitium	104
6. Zusammenfassung	109
7. Literatur	110

Anhang:

Modellversuch zur radarkymographischen Analyse der Herzbewegungen am Hund	113
Ergebnisse	114

EINLEITUNG

Seit den ersten Versuchen, mit Röntgenstrahlen Untersuchungen am menschlichen Herzen vorzunehmen, hat dieses grundlegende Verfahren immer wieder neue Spezialisierungen und technische Verfeinerungen erfahren. Doch es blieb ein unerreichtes Ziel, exakt quantifizierbare Aussagen über die Dynamik der Bewegungsabläufe dieses Organs am lebenden Menschen zu ermitteln. Das Verfahren der Radarkymographie (Heart Motion Video-Tracking) erlaubt nunmehr eine exakte quantitative Auswertung von Bewegungskurven. In dieser Arbeit soll aufgezeigt werden, ob mit dieser Methode bei verschiedenen Herzkrankheiten charakteristische Phänomene aufgedeckt und ihre quantitativen Beziehungen dargestellt werden können.

A THEORETISCHER TEIL

1. Rückblick und Einführung

Die Kymographie stellt Bewegungsvorgänge im Röntgenbild dar.

SABAT, GÖTT und ROSENTHAL (1912) arbeiteten zu Beginn der Entwicklung mit einem sog. Einschlitzkymographen, bei dem ein Röntgenfilm hinter einer strahlenundurchlässigen Bleiplatte mit ausgespartem Schlitz vorbeibewegt wird und die Bewegungen des Röntgenschnitts aufgezeichnet werden.

Eine grundsätzliche Neuerung führte STUMPF 1928 mit einem Vielschlitzkymographen ein. Dieses Verfahren nannte er Flächenkymographie. Es bleibt die ganze Fläche der Herzsilhouette erhalten und sämtliche Bewegungen des pulsierenden Randes werden sichtbar. Infolge der gedrangten Kurve sind zeitliche Zuordnungen schwierig und Einzelheiten der Bewegung schlecht erfassbar. Es werden nur Bewegungen aufgezeichnet, die sich senkrecht zur Laufrichtung des Rasters abspielen. Das Flächenkymogramm dient auch als Lensogramm, da die systolisch-diastolisch unterschiedliche Strahlenabsorption des Herzens eine entsprechende unterschiedliche Belichtung des Röntgenfilmes bewirkt.

1936 wandte HECKMANN ein neues Verfahren an, bei dem eine einfache Photozelle vor dem Leuchtschirm angebracht wurde. Davor wurde eine lichtdichte Platte mit einem Ausschnitt für die zu untersuchende Region des Untersuchungsobjektes angebracht. Die Bewegungen erzeugten Lichtschwankungen, welche die Photozelle steuerten. Dieses Verfahren, neben Elektrokymographie (HECKMANN), Fluorokardiographie (LUISADA), Aktinographie (HECKMANN) und Cinédensigraphie genannt,

wurde in der Folgezeit verbessert durch andere Anbringung der Photozelle, Verwendung von Filtern, Multipliern etc.

Es konnte mit diesem Verfahren jede beliebige Stelle des Untersuchungsobjektes abgeleitet werden und die Lichtschwankungen wurden als Kurve aufgezeichnet. HECKMANN leitete nun zahlreiche Punkte des Herzrandes ab und faßte sie synoptisch zusammen. Dabei wurde der Schlitz immer senkrecht auf den Herzrand eingestellt. Dieses Verfahren beschrieb er 1952 sehr eingehend als Phasenanalyse. Die Synopsis wird ermöglicht durch eine synchron registrierte Signalspur von EKG in Ableitung II oder eine Herzschallkurve, sodaß jede Phase hinreichend bestimmt werden kann. Da das Gerät nur Lichtschwankungen registrierte, war die Kurvenamplitude abhängig vom Helligkeitsverhältnis des Herzschattens zum umgebenden Lungenfeld. LISSNER übernahm ein Eichverfahren von MORGAN und STURM, welches in der folgenden Zeit noch technischen Verbesserungen unterzogen wurde.

Durch umwälzende technische Neuerungen auf dem Gebiet der Elektronik, wie der Anlage der Röntgenfernsehkette und des Magnetbandspeichers konnten neue Untersuchungsverfahren entwickelt werden. Magnetband und Magnetplatte gestatten es zudem, unabhängig vom ursprünglichen Untersuchungsort und Untersuchungstermin und natürlich ohne Anwesenheit des Patienten die gespeicherten Röntgenaufnahmen wie eine Konserve hervorzuholen und mit den subtilen Mitteln der modernen Elektronik zu untersuchen. Freilich werden dafür die Anforderungen an die Bildqualität erheblich größer, da viel mehr Details zur Beobachtung herangezogen werden. Zu diesen Verfahren zählt die Videoden-

sitometrie, mit der sich vor allem HILTZMAN intensiv auseinandersetzt, die ebenfalls wie die Elektrokymographie mit Unterschieden der Helligkeitsverhältnisse zwischen Herzrand und Umgebung arbeitet, ebenso belastet mit nicht quantifizierbaren Aussagen über Bewegungen.

Das andere Verfahren ist das Heart Motion Video-Tracking oder die Radarkymographie, das weder mit der üblichen Vorstellung von Radar etwas noch mit der Flächen- oder Stufenkymographie viel zu tun hat. Dieses Verfahren wird noch eingehend zu erörtern sein.

Inzwischen wurde, auf der Radarkymographie basierend, ein Verfahren entwickelt, mit dem man Herzbewegungen messen und Funktionsbeurteilungen des Ventrikels durchführen und bei bestimmten Patienten die Kardioangiographie ersetzen kann. Dazu werden Tantalmarkierungen in die Ventrikelnarbe eingepflanzt, wo sie für immer bleiben. So kann man das Herz röntgenologisch ohne die Notwendigkeit und somit ohne das Risiko der Angiographie untersuchen und die Ventrikelfunktion beurteilen. Diese Methode ist in erster Linie bei den Patienten mit Herztransplantation oder Bypass-Operationen zu verwenden.

Ein grundsätzlich anderes Verfahren wurde in den USA für die Herzdiagnostik entwickelt. Es wird Displacement Cardiograph genannt. Der Displacement Cardiograph (DCG) ist ein elektromagnetisches Gerät, das ohne Körperberührung die Herzbewegungen aufzeichnet. Sein äußerst empfindliches Magnetfeld dringt weit in die Körpertiefe ein und gestattet die Aufzeichnung der Herzmuskelbewegungen von Patienten ohne Rücksicht auf Körperform oder Stellung sogar durch medizinisches Hilfspersonal. Aus den bisherigen Aufzeich-

nungen von normalen Personen, Patienten und Versuchstieren geht hervor, daß der DCG für diagnostische Untersuchungen und für physiologische Basisuntersuchungen der Organbewegungen sehr gut geeignet ist.

Mit der Anwendung der Ultraschalltechnik in der Herzdiagnostik konnten Aneurysmen in der Scheidewand des Herzens eindeutig erkannt und durch Angiographie bestätigt werden.

In einer anderen Untersuchung konnten zahlreiche Fälle von Fallot-Tetralogie mit ultraschallkardiographischen Kennzeichen definiert und mit Hilfe der Herzkatheterisierung bewiesen werden; dabei konnten folgende Merkmale markiert werden: Erweiterung des rechten Ventrikels, Hypertrophie der interventrikulären Scheidewand, Verjüngung des Ausflußkanals des rechten Ventrikels und eine Erweiterung der Aorta.

Eine andere Untersuchung mit Ultraschall wurde als Ultraschalltomographie am Herzen des Erwachsenen mit dem Real-Time-B-Scan-Verfahren durchgeführt. Dabei wurde der erste Real-Time-B-Scanner, das Vidoson, das seit 1967 hauptsächlich in der Geburtshilfe und der inneren Medizin verwendet wird, im Routineeinsatz in der Echokardiographie eingesetzt. Man kann bei 16 Bildern pro sec, einer Scanbreite von 14 cm und einer Gewebeeindringtiefe von 20 cm bei guter axialer und lateraler Auflösung ein wirklichkeitsgetreues zweidimensionales Querschnittsbild des Herzens erzeugen (Videosonotomographie). Es ist zu erwarten, daß dieses Verfahren ein wichtiges nichtinvasives und bestens verträgliches diagnostisches Hilfsmittel in der klinischen und ambulanten Kardiologie wird.

Ferner ist bekannt, daß sich das Kalium-ähnliche $^{201}\text{Thallium}$ (^{201}Tl) im Myocard anreichert. Hierbei ist von Interesse, daß die relativen Speicherungswerte dieses Radionuklides im Myocard des linken Ventrikels mit zunehmender Einschränkung der Motilität abnehmen. BÜLL und Mitarb. fanden bei der koronaren Herzerkrankung eine Abnahme der Speicherungswerte in der Reihenfolge Normo-, Hypo-, Dys- und Akinesie.

A 2. Kurvenformen nach HECKMANN

Zunächst sollen kurz die wesentlichen Erkenntnisse von HECKMANN und anderen Autoren aus den Untersuchungen mit der Elektrokymographie dargestellt werden, da dieses Verfahren den Vorläufer der Radarkymographie darstellt und in der Diskussion wiederholt auf diese Erkenntnisse Bezug genommen wird. Es muß noch darauf verwiesen werden, daß in dieser Arbeit nur auf die Ableitungen an der linken Herzwand und Gefäßwand von Aorta und A. Pulmonalis, nur in der sagittalen p.a.-Aufnahme eingegangen werden kann. Die technischen Gründe für diese Einschränkung werden noch eingehend erläutert. Als Abgriffpunkte wurden die vor allem von HECKMANN angegebenen Stellen an der linken Herzwand verwendet: Von der linken Herzkammer vier Ableitungen, vom linken Vorhof eine und vom Stamm der A. Pulmonalis und vom Aortenknopf je eine. Diese wurden mit den kleinen lateinischen Buchstaben a bis g bezeichnet, wobei a etwa der Herzspitze entspricht.

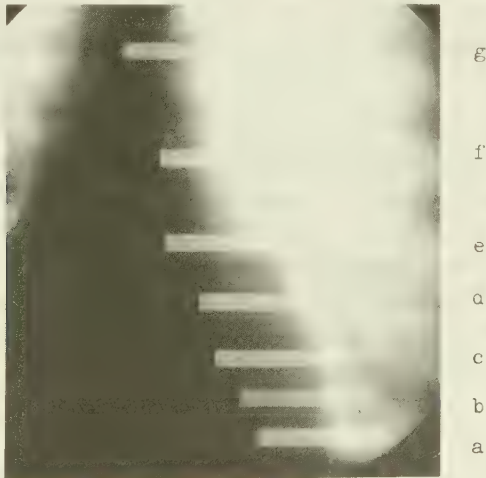


Abb.1.: Ab-
leitstellen
nach
HECKMANN

A 2.1. Normale Pulsationen

Normale Kurvenform in der Systole.

Die Kurven der Ventrikelbewegungen sind von sehr vielen Autoren im Rahmen der Untersuchungen mit der Elektrokymographie eingehend beschrieben worden. Es sind vor allem zu erwähnen: HECKMANN, DACK und PALEY. Die eingehendste Arbeit ist von K. HECKMANN mit der 1952 von ihm eingeführten Phasenanalyse erbracht worden. Sie hat sehr viel zum Verständnis der Bewegungsabläufe am menschlichen Herzen beigetragen.

Beim Gesunden sind zwei verschiedene Typen der Ventrikelpulsation festzustellen.

Typ A der Ventrikelpulsation.

Dieser ist die häufigste Form beim Herzgesunden und kommt vor allem bei mittlerer Neigung der Herzachse oder geringem Zwerchfelldruck vor. Er wird verursacht durch systolische Umformung, latente Linksverschiebung in der Protosystole und eine Querstellung der Herzachse. Dadurch wird die systolische Medialbewegung im Bereich der Herzspitze teilweise ausgelöscht.

Typ B der Ventrikelpulsation.

Dieser Typ kommt vor bei Zwerchfelldruck und steilgestelltem, hängendem Herzen. An der Herzspitze findet sofort mit dem Beginn der Systole eine Medialbewegung statt. Die protosystolische Senkung wird nicht mehr deutlich, die kranialen Abschnitte führen steile Lateralbewegungen aus, der Kurvengipfel rückt in den

kranialen Ableitungen c und d mehr gegen das Ende der Systole vor ("Kranialpendeln"). Bei Myokardschwäche hören diese Pulsationen auf bzw. werden durch andere pathologische Lokomotionsbewegungen ersetzt. In der Systole tritt eine Latenzzeit (von der R-Zacke an) von etwa 0,02 bis 0,14 sec (im Mittel ca. 0,10 sec) auf, die durch Lageänderungen und Umformung des Ventrikels die Kurve in der Protosystole formt (Typ A oder B).

Normale Kurvenform in der Diastole.

In der Diastole tritt oft eine protodiastolische Zacke (Semilunarklappenschluß) auf mit einer Dauer von 0,15 sec, meist in den kranialen Bezirken. Zu dieser Zeit sind alle Klappen geschlossen. Deshalb kann nur eine Umformung oder eventuell eine latente Rechtsverschiebung (als Gegenstück zur systolischen Linksverschiebung) die Ursache dieser Bewegung sein. Ein- und Ausflußbahn zeigen verschiedenes Verhalten. Der protodiastolische Kollaps entsteht durch Alternieren der Ein- und Ausflußbahn, kranial besteht oft ein diphasischer Verlauf der Diastole: Die Ventrikelwand erschläft plötzlich, während das Blut aus dem Vorhof nur langsam einströmt. Dadurch entsteht ein Kollaps.

Vorhofkurven

Die Kurven vom linken Herzhohr stellen das Resultat vieler sehr verschiedener Faktoren dar und sind nur in ganz seltenen Fällen verwertbar, um eine Aussage treffen zu können. Es er-

übrigt sich, typische Phänomene darzustellen.

Pulsationen der großen Gefäße.

Aorta

Als Ableitstelle dient der Arcus Aortae, weil an dieser Stelle die Lageänderung des Gefäßrohres und die pulsatorischen Volumenänderungen parallel laufen. Die Pulsation entsteht durch Volumen- und Lageänderung, durch Streckung in der Systole (Gartenschlauchphänomen). Das Verhältnis von exzentrischer zu longitudinaler Pulsation ändert sich mit der Elastizitätsabnahme so, daß bei Aortensklerose beinahe ausschließlich longitudinale Pulsation auftritt, die wahrscheinlich stärker gedämpft wird und dadurch die Kurve anders zur Darstellung gelangen läßt. Manchmal schwingt die Aorta durch die longitudinale Pulsation über ihre Enastellung, d.h. nach dem Schluß der Aortenklappen, hinaus nach lateral.

Der steile Kurvenanstieg der schnelleren Austreibung beginnt ca. 0,08 bis 0,16 sec nach der Q-Zacke des EKG, dauert 0,12 bis 0,18 sec. Es folgt die verlangsamte Austreibung mit einer Dauer von 0,05 bis 0,11 sec. Mit dem Ende der T-Zacke erfolgt der Abfall zur Inzisur mit dickrotem Gipfel (flach), der diastolische Abfall erfolgt dann anfangs rasch, dann langsamer. Dabei können sich auf die Kurve Eigenschwingungen der Aorta auflagern.

Arteria Pulmonalis

Die Ableitung erfolgt am Stamm des Gefäßes.

Der steile Kurvenanstieg der raschen Austreibung beginnt 0,08 bis 0,14 sec nach der Q-Zacke und dauert ca. 0,14 sec. Oft stellt sich eine isometrische Welle in Form einer sog. Fußzacke dar. Mitunter bedingt eine herzspitzenwärts gerichtete Verschiebung der Pulmonalklappe einen anfangs weniger steilen Kurvenverlauf (0,03 bis 0,04 sec vom Fußpunkt ab, Dauer des Steilanstieges noch 0,06 bis 0,12 sec). Etwa 0,08 sec vor dem Ende der Systole geht der Steilanstieg in den abgerundeten Kurvengipfel über ("verlangsamte Austreibung" bei ungefähigem Gleichgewicht zwischen Zu- und Abstrom).
Unterschied zur Aortenkurve:

1. Der Kurvengipfel ist stärker abgerundet,
2. der Kurvenabfall vor der Inzisur ist steiler und die Inzisur ist tiefer.

A 2.2. Pathologische Bewegungsformen des Ventrikels und der Gefäße bei verschiedenen Herzkrankheiten.

Myocaraschwäche

In der Systole werden die Umformungen während der Anspannungszeit kleiner, die protosystolische Zacke verschwindet, die Latenzzeit (nicht die Anspannungszeit) wird verkürzt (sie entspricht in etwa der Anspannungszeit). In manchen Fällen kommt es zu einer ps-Vertiefung, so daß eine M-förmige Kurve entsteht (eventuell durch eine verstärkte Umformung). Bei der systolischen Medialbewegung tritt in manchen Fällen eine Knickbildung auf, mitunter eine angedeutete sinusförmige Kurve als Ausdruck der Massenträgheit der erhöhten Blutmenge im Ventrikel. Der schwerste Grad der Myocardlusion wird durch eine systolische zentrifugale Pulsation, "reversal of pulsation", oder myopathische Bewegungsparadoxie dargestellt. Dieses Phänomen kann jedoch auch ohne jedes Zeichen für einen Herzinfarkt beobachtet werden.

Als Ausdruck einer manifesten kompensierten Hypertonie kann eine starke Linksbewegung infolge eines Pendelns beobachtet werden. Häufig tritt in den kaudalen Abschnitten der linken Kammer eine doppelgipflige Kurve in der Diastole auf. Dieses Phänomen wurde auch als signe l'M (DELHERM und FISCHGOLD) beschrieben. Dabei beginnt die Volumenzunahme in der Einflußbahn, dann setzt eine rückläufige Bewegung ein, während der sich die Ausflußbahn schnell auffüllt. Eben-

so kann durch eine ungleichmäßige Auffüllung des Ventrikels ein treppenförmiger Anstieg in einzelnen Ableitungen erhalten werden. Die Aortenkurve zeigt als Zeichen herabgesetzter Myocaraleistung und dekompensierter Hypertonie einen verspäteten Beginn der raschen Austreibung. Hierbei ist der Vergleich der beiden Gefäßkurven maßgebend. Bei Stauungszuständen und verminderter Kontraktionsleistung der rechten Kammer ist auch am Pulmonalisstamm der Beginn der raschen Austreibungsphase verzögert. Beim Vorliegen einer Aortensklerose kann durch das sich streckende Gefäß in der Systole (nach der Anspannungszeit) das Herz nach links verschoben und die Pulsationsbewegung durch dieses Pendeln völlig aufgehoben werden. Ferner zeigt sich eine Zunahme der Amplitude als Ausdruck einer ruckartigen Verlagerung, welche im fortgeschrittenen Stadium über eine Verkleinerung bis zur Bewegungslosigkeit schrumpfen kann, nachdem die exzentrische Pulsation aufgehört hat. Bei Aortensklerose wird die Windkesselfunktion durch pulsatorische Längenzunahme ermöglicht, welche eine vergrößerte Amplitude bewirkt. Bei Fortschreiten der Verlängerung kommt sie allmählich in ihre Maximalstellung, die Amplitude wird geringer, bis sie gegen Null geht. Die Kurve ist meist detailarm, Fußzacke und Inzisur fehlen, die Randbewegungen fallen meist übergroß aus, die Zeitbezogenheit ist nicht verändert, der Kurvengipfel ist spitz. Bei Hypertension im kleinen Kreislauf ist der

Anstieg der Pulmonalkurve oft verzögert und verlängert, eine anacrote Welle wird häufig sichtbar, der Gipfel ist abgerundet, der Abstieg verzögert, die Inzisur noch erkennbar.

Vorhofseptumdefekt

Bei diesem Herzfehler beschränkt sich HECKMANN nur auf Fälle ohne Begleitvitien. Andere Autoren legen einander widersprechende Ergebnisse vor.

Am linken Vorhof ist der präsysstolische Abstieg betont, bei einer Dauer von ca. 0,10 sec; ein diastolisches Plateau fehlt, eine verstärkte diastolische Entleerung wird durch tiefe Kurvensenkung etwa 0,10 sec nach der K-Zacke dargestellt (Shuntwelle).

An der linken Kammer tritt allenfalls ein diastolischer Kollaps infolge verringerter Einströmung auf.

An der A. Pulmonalis kann man einen raschen Steilanstieg mit vorzeitigem Gipfel, steilen Abfall und sehr tiefsitzende angeaeutete Inzisur als Ausdruck vermehrten Fördervolumens beobachten.

Die Aortenkurve erreicht vorzeitig ihr Maximum, worauf ein kuppelförmiger Abschnitt folgt. Die Inzisur ist meist ausgeprägt und relativ tiefsitzend. Das Aussehen der Pulmonalkurve scheint mit dem der Aortenkurve vertauscht zu sein.

Mitralinsuffizienz

Bei diesem Herzfehler kann die Kurve der Vorhofableitung sehr vielfältig aussehen. Die Kurve vom linken Herzohr hat nur geringen Aussagewert und ist niemals allein verwertbar.

An den Ventrikelkurven ist oft die Latenzzeit auf 0,03 sec ab der Q-Zacke und noch weniger im ganzen Bereich der linken Kammer verkürzt. Die Zeit zwischen R-Zacke und Steilanstieg der Aortenkurve ist wesentlich länger als von der R-Zacke bis zur Medialbewegung des linken Ventrikels. Der Beginn der Medialbewegung ist flacher als während der Austreibung.

Der Conus Pulmonalis wird schon vorzeitig zentrifugal bewegt, da sich meist eine Drucksteigerung im kleinen Kreislauf ausbildet.

Mitralstenose

Wie bei der Mitralinsuffizienz ergeben sich charakteristische Kurven am linken Herzohr, die aber allein genau so wenig Aussagewert haben. Man beobachtet bei der Mitralstenose an allen Ableitungsstellen eine Verschiebung des Herzrandes nach links, durch Verschiebung des Massenmittelpunktes nach links und dorsal. Diese Bewegung wird auch von GADERMANN (1954) bei der Mitralstenose beschrieben.

An den Kurven beider großen Gefäße beobachtet man eine Verlängerung der Anspannungszeit, da im kleinen Kreislauf meist erhöhte Druckverhältnisse vorliegen und durch die im linken Ventrikel herabgesetzte Füllung eine Verspä-

tung der Semilunarklappenöffnung der Aorta erfolgt.

Aorteninsuffizienz

Bei diesem Vitium liegen einander widersprechende Ergebnisse von verschiedenen Autoren vor. HECKLMANN gibt folgende Befunde an der Aortenkurve an:

1. Vorzeitiger Steilanstieg (isometrische Phase auf 0,02 bis 0,01 sec verkürzt).
2. Der Steilanstieg verläuft besonders rasch durch beschleunigte Lateralbewegung.
3. Große Amplitude (pulsus celer) und Verlängerung der raschen Austreibung durch erhöhtes Schlagvolumen der linken Kammer.
4. Spitzer Kurvengipfel durch Verkürzung der Periode der verringerten Austreibung, die
5. meist nicht mehr abgrenzbar ist.
6. Fehlen oder Abflachung der tiefer (DACK, PALEY) gelegenen Inzisur.
7. Beschleunigter diastolischer Abfall.
8. Am linken Ventrikel diastolisches Plateau.
Aber es ist auch eine Verzögerung der diastolischen Füllung möglich.

Nach der Meinung von DACK und PALEY ergibt die Carotis-Puls-Kurve ein genaueres Bild der Aortenvitien als das Aortenkymogramm.

Aortenstenose

Die Stenose der Aortenklappen führt zu erschwerter Austreibung, an der Ventrikelkurve findet man einen S-förmigen Abstieg oder gar eine Knick-

bildung in der Systole, in der Diastole oft einen kuppelförmigen Verlauf infolge der Überfüllung der Herzkammer.

An der Aortenkurve ist der Beginn der raschen Austreibung nicht verzögert, der Kurvenanstieg erst langsam, dann steiler und wieder langsamer. Die Inzisur fehlt. Nach DACK und PALEY verursacht die Aortenstenose überhaupt keine beständigen Veränderungen im Aortenkymogramm. COHEN und Mitarb. beobachteten bei radarkymographischen Untersuchungen dieses Vitiums eine Verlängerung der Zeit zwischen Beginn der Auswurfphase und der Spitze des Aortenkymogramms.

Störungen der elektrischen Erregungsausbreitung.

Schenkelblock

Bei Bestehen eines Schenkelblockes im EKG tritt eine verspätete Kontraktion des betroffenen Ventrikels auf. Dadurch wird das Herz so lange auf die Seite des nicht geblockten Ventrikels gezogen, bis die Erregung auf die blockierte Kammer übergegriffen hat. Bei Rechtsschenkelblock beginnt die Austreibung an der Pulmonalkurve später als an der Aorta, am ganzen linken Ventrikel tritt eine Lateralbewegung auf. Umgekehrtes Verhalten findet man bei Linkschenkelblock.

AV-Block

Bei Vorliegen eines AV-Blocks fallen die Amplituden der Vorhofbewegungen je nach Interferenz mit der Kammeraktion aus. Die Gefäßkurven werden durch diese Störung nicht verändert.

B EXPERIMENTELLER TEIL

1. Methode

1. Prinzip der radarkymographischen Untersuchung.

Zur Untersuchung (d.h. Röntgendurchleuchtung) wurde ein Röntgengerät der Firma SIEMENS, Typ Orbiskop, verwendet. Es ist ausgestattet mit drei umschaltbaren Bildverstärkern mit Eingangsgrößen von 17, 25 und 30 cm; verwendet wurde die mittlere Größe. Außerdem war das Gerät mit einer Plumbikon-Fernsehkamera bestückt, von welcher die Bilder auf ein Sichtgerät, auf einen Magnetbandspeicher in einer Speicherzentrale mittels Fernbedienung und über Direktbedienung auf einen anderen Magnetbandspeicher übertragen werden konnten, mit dem diese Untersuchungen durchgeführt wurden.

Das Radarkymographiergerät erzeugt im Monitor der Fernsehkette ein elektronisches Fenster, welches in Höhe und Breite sowie in seiner Lage verstellbar ist, aber wegen seiner Kopplung mit dem Fernsehsystem nur streng horizontal arbeiten kann. In diesem Fenster, das ein Spannungsfeld darstellt, kann eine Pilotmarke auf eine sich darin befindliche Kontrastlinie angelegt werden, wie sie z.B. an der Grenze zwischen Herzschaten und Lungenfeld erscheint. Diese Marke folgt jeder Bewegung dieser Linie und erzeugt dabei eine Spannung, deren Höhe streng proportional zum Abstand der Marke vom linken Fensterrand ist. Diese Spannung wird nach Verstärkung auf einen Schreiber übertragen und als Kurve aufgezeichnet.

Der Monitor kann über ein Signal mit einem Photogerät verbunden werden, das die Anfertigung von Kymographiefotos oder von normalen Polaroidbildern - sogar mit vielfacher Belichtung - gestattet.

Das Radarkymographiegerät arbeitet streng linear. Man kann mehrere Größen daran verändern, die alle einen bestimmten Einfluß auf die geschriebene Kurve zeigen.

Mit dem "Vorverstärker" kann man die Spannung im elektronischen Fenster regulieren. Er ist stufenlos einstellbar von der Skalenstellung $VV = 0,00$ bis $10,00$, läßt diese Einstellung fixieren und hat eine lineare Charakteristik. Die Untersuchungen wurden mit der Einstellung $VV = 2,00$ vorgenommen. Mit dem Vorverstärker kann man die Amplitude der Kurve stufenlos variieren. Um gut beurteilbare Kurven zu erzielen ist VV um so kleiner zu wählen, je größer die tatsächliche Bewegung des Untersuchungsobjektes bzw. der Kontrastlinie im elektronischen Fenster ausfällt und umgekehrt.

An der Frontseite des Radarkymographen ist ein Variometer angebracht, welches die vom elektronischen Fenster erzeugten Spannungsverhältnisse aufzeigt. Hierbei wird durch elektronische Vorrichtungen die konstante Sockelspannung abgeschnitten und nur der durch die Bewegung im Fenster veränderbare Teil, also die Spannungsspitzen, dargestellt. Ein Abstimminstrument ermöglicht es, durch eine Änderung des abgeschnittenen Spannungsanteiles diese variierbaren Spannungsspitzen in einen für den nachgeschalteten

- - -

Schreiber günstigen Bereich zu bringen. Am besten arbeitet der Schreiber in dem Bereich zwischen 40 und 60 mA.

Die "Schwelle" stellt eine Einrichtung dar, mit der man die Pilotmarke an die Kontrastlinie heranzuführen und fest an sie anlegen kann, damit ein getreues Mitgehen mit der Verschiebung dieser Linie gewährleistet wird. Wenn aber der Kontrast sprung zwischen hellerer und dunklerer Fläche (also Herz und Lunge) unter einem gewissen Wert bleibt, läßt sich die Pilotmarke nicht mehr exakt anlegen.

Das elektronische Fenster kann in vertikaler und horizontaler Richtung beliebig bewegt werden, ohne daß es seine Abmessungen ändert. Die Breite, also die horizontale Länge des Fensters, läßt sich stufenlos einstellen. Sie bleibt ohne quantitativen Einfluß auf die Kurve, kann jedoch die Lage der Pilotmarke besonders an den Stellen, an denen die Herzkontur einen sehr flachen Verlauf zeigt, bei großer Abmessung stabilisieren. Bei relativ breitem Fenster beeinflusst die Lage der Pilotmarke innerhalb desselben die Sockelspannung wesentlich, so daß man durch kleine horizontale Verschiebungen des Fensters große Abgleichungen am Variometer ersetzen kann. Die Größen der veränderlichen Spannungsspitzen, und damit die Amplituden der Kurven, werden dadurch nicht beeinflusst.

Eine ganz wesentliche Bedeutung kommt der Höhe des elektronischen Fensters zu. Bei einer Höhe von einer elektronischen Zeile, der kleinsten

Einheit in diesem System, kann kein Ausschlag erhalten werden, selbst bei größter Vorverstärkung und größter Schreibverstärkung. Ab zwei Zeilen steigt die Spannung im Fenster mit jeder weiteren Zeile stufenförmig linear an. Es ist dringend notwendig, eine sinnvolle Kombination von Vorverstärkung und Fensterhöhe zu finden und dann anzuwenden. Diese Untersuchungen wurden alle mit $VV = 2,00$ und einer Fensterhöhe von 7 Zeilen vorgenommen.

In das Gerät ist ein elektronisches Filter mit vier Stufen (6,5; 10; 12; 14 Hz) eingebaut, das je nach Einstellung die Frequenzen über 6,5 Hz, 10 Hz etc. herausnehmen kann und dadurch den Kurvenverlauf stabilisiert, ohne die Amplitudentreue zu verändern oder charakteristische Frequenzen wegzunehmen, wie durch vorausgehende frequenzanalytische Untersuchungen festgestellt worden ist. Bei dieser Arbeit wurde eine Anzahl von Untersuchungen vor dem Einbau dieses Filters durchgeführt. Bei den anderen Untersuchungen wurden alle Frequenzen über 6,5 Hz herausgefiltert. Die Kurven, welche ohne Filter geschrieben worden sind, sind schwerer auszuwerten, da die hohen Störfrequenzen die Beurteilung behindern.

Die Spannungsschwankungen, welche im elektronischen Fenster in Abhängigkeit von Vorverstärkung und Fensterhöhe und natürlich den Bewegungen des Untersuchungsobjektes erzeugt, im Radarkymographiegerät durch Abstimmung und Filterung in eine geeignete Form und in einen geeigneten Bereich gebracht worden sind, werden

- - -

auf ein Schreibgerät übertragen und synchron mit EKG-Spur und Zeitmessung auf Millimeterpapier als Kurve aufgezeichnet. Dieses Dreikanalschreibgerät (Oscillomink) ist vielfach variierbar. Der Papiervorschub kann von 1 mm pro sec bis 1000 mm/sec eingestellt, die EKG-Kurve und die Radarkymographiekurve können in mehreren Stufen vergrößert geschrieben und die Basislinie aller drei Kanäle bewegt werden. Der Kurvenausschlag des Radarkymogramms wurde geeicht auf 3 cm / 3 Volt. Der Papiervorschub wurde auf 5 cm / sec festgelegt, die Kurve mit SV (Schreibverstärkung) = 1 bzw. 3 geschrieben. Die Medialbewegungen werden als aufsteigender, die Lateralbewegungen als absteigender Ast der Kurve geschrieben, wenn man, wie in dieser Arbeit, vom linken Herzrand ableitet.

B 1.2. Eichung

Es wurden mit einem Schieber (Ebleiplatte) Bewegungen über exakt ausgemessene Distanzen durchgeführt und auf das Magnetband gespeichert. Danach wurden nacheinander große Meßserien mit verschiedenen Einstellungen von Vorverstärker, Zeilenzahl (Fensterhöhe) und Schreibverstärker angelegt. Dann wurde der Korrekturfaktor, welcher wegen der verschiedenen Lage von Schieber (am Kassettenhalter) und dem Herzen des Patienten berücksichtigt werden muß, bestimmt. Aus diesen Angaben wurden Tabellen erstellt, die als Arbeitsunterlagen verwendet wurden. (S.u.) Das Ergebnis dieser Messungen kann so zusammengefaßt werden:

1. Zeilenzahl

Die Zeilenzahl geht exakt linear in die Vergrößerung der Amplitude ein. Faktor = $n-1$, wobei n die Anzahl der Zeilen im elektronischen Fenster (Fensterhöhe) darstellt. Eine Zeile allein ($n = 1$) ergibt immer, selbst bei einer Objektbewegung von 15 mm und maximaler Vorverstärkung $VV = 10$ und Schreibverstärkung in Stellung 1 eine Null-Linie (s.o.).

Sonst verhalten sich zwei Amplituden bei gleicher Objektbewegung, gleicher VV , gleicher SV und verschiedener Zeilenzahl bei der Kurvenschreibung (n_1 bzw. n_2) wie $\frac{n_1-1}{n_2-1}$.

Z.B.: $n_1 = 4$ Zeilen, $n_2 = 8$ Zeilen:

$$\frac{n_1-1}{n_2-1} = \frac{3}{7}.$$

Bei $SV = 3$, $VV = 1$ entspricht bei einer Fensterhöhe von 2 Zeilen die Objektbewegung von 2 mm einer Amplitude von 1 mm, die Objektbewegung von 1 mm einer Amplitude von 0,5 mm; bei 11 Zeilen z.B. entspricht eine Objektbewegung von 2 mm, bei $SV = 3$, $VV = 1$, genau der Amplitude 10 mm, d.h. sie gelangt mit dem Vergrößerungsfaktor $0,5 \cdot (11-1)$ zur Darstellung.

2. Vorverstärkung

Eigentlich geht es hierbei um die Regelung der Fensterspannung. Da sie aber vor einer weiteren Verstärkerquelle liegt (Schreibverstärker), sei sie hier Vorverstärkung genannt.

Sie sollte streng linear in die Vergrößerung eingehen. Bei geringen Zeilenzahlen. (2-4) gibt es kleine Abweichungen. Ab 5 Zeilen gehen die Größen $VV = 1$ bis $VV = 4$ exakt in die Amplitudengröße ein. Wenn die Vorverstärkung kleiner als 2 oder gleich 2 ist, gehen Objektbewegungen bis zu 16 mm exakt linear ein, d.h. bei gleicher SV, Objektbewegung und Zeilenzahl verhalten sich $VV = 1$ zu $VV = 2$ wie 1 zu 2.

3. Schreibverstärkung

Bei der Einstellung $SV = 3$ erhält man in der Regel klare Kurven mit genügend großer Amplitude. Bei $SV = 1$ erhält man nur bei sehr kleinen Objektbewegungen eine genauere Darstellung, sonst nur eine Spreizung der Kurve ohne zusätzlichen Informationsgewinn. Mit $SV = 10$ erzielt man eine gute Darstellung auch sehr großer Objektbewegungen, doch ist sie bei dieser

Untersuchung nur einmal notwendig. Nach der Eichung der SV liegen bei Stellung 3 = SV 3 Volt Spannung bei einem Ausschlag von 3 cm vor, bei Stellung 10 liegen 10 Volt zwischen den 3 cm, bei der Stellung 1 liegt 1 Volt zwischen den 3 cm. Die Eichung muß unbedingt vor jeder Untersuchung überprüft und gegebenenfalls neu nachgestellt werden.

Die beste Auflösung und Linearität werden erreicht mit den Einstellungen:

VV = 1,0 bis 4,0

SV = 3 bzw. wenn nötig 1

Fensterhöhe von 5 bis 8 Zeilen.

Es muß noch bemerkt werden, daß der Papiervorschub bei 50 mm/sec in Wirklichkeit 52 mm/sec beträgt und bei dem verwendeten Millimeterpapier 80 mm in Wirklichkeit 81 mm entsprechen.

Insgesamt zeigen die experimentellen Eichmessungen: Bei SV = 3 gilt:

$$\text{Amplitude} = \frac{(\text{Zeilenzahl}-1) \times \text{VV} \times \text{Objektbewegung} (\text{mm})}{2}$$

(mm)

Der Faktor $\frac{1}{2}$ liegt im Gerät (s. Zeilenzahl).

Bei der Untersuchung des Herzens muß der Korrekturfaktor (s.o.) berücksichtigt werden. Er beträgt den Wert 1,12 bzw 0,8932.

Dann sieht vorige Gleichung so aus:

$$\text{Amplitude} = \frac{(\text{Zeilenzahl}-1) \times \text{VV} \times \text{Herzranabewegung} \times 1,12}{2}$$

(mm)

oder anders umgeformt, bei SV = 3:

$$\text{Herzranabewegung} = \frac{\text{Amplitude} (\text{mm}) \times 2 \times 0,8932}{(\text{Zeilenzahl}-1) \times \text{VV}}$$

Arbeitstabelle, erstellt nach den Ergebnissen der experimentellen Eichmessungen: Amplituden in mm.

VV	Objektbewegung						
	2	4	6	8	10	12	15 -mm-
1	4,5	9,0	13,4	17,9	22,4	26,9	33,6
2	9,0	17,9	26,9	35,8	44,8	53,8	67,2
3	13,4	26,9	40,3	53,8	67,2	80,6	
4	17,9	35,8	53,8	71,7	89,6		
5	22,4	44,8	67,2	89,6			
6	26,9	53,8	80,6				

Zeilenzahl: 5, SV = 3

1	5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,6	42,0
2	11,2	22,4	33,6	44,8	56,0	67,2	84,0
3	16,8	33,6	50,4	67,2	84,0		
4	22,4	44,8	67,2	89,6			
5	28,0	56,0	84,0				
6	33,6	67,2					

Zeilenzahl: 6, SV = 3

1	6,7	13,4	20,1	26,8	33,6	40,3	50,4
2	13,4	26,9	40,2	53,7	67,2	80,6	
3	20,2	40,3	60,5	80,6			
4	26,9	53,8	80,6				
5	33,6	67,2					

Zeilenzahl: 7, SV = 3

1	7,8	15,7	23,5	31,4	39,2	47,0	58,8
2	15,7	31,4	47,0	62,7	78,4		
3		47,0	62,7	78,4			
4	31,4	62,7					

Zeilenzahl: 8, SV = 3

Der Korrekturfaktor ist berücksichtigt.

B 1.3. Technische Probleme und Fehlerquellen

Bei den Untersuchungen mußte darauf geachtet werden, keine unregelmäßigen Herzaktionen in das Untersuchungsgut aufzunehmen, da z.B. bei Extrasystolen die Kurven nicht voll ausgeschrieben werden, sondern vor Erreichen ihres Ausgangswertes schon durch die folgende vorzeitige Aktion neu geformt werden.

Die unterschiedlichen Herzfrequenzen konnten keine Berücksichtigung finden, bzw. stellen bei Berücksichtigung eine neue Fehlerquelle dar. Die wichtigsten elektromechanischen Größen wie Anspannungszeit, Beginn, Dauer und Ende der Systole sind nur wenig von der Frequenz abhängig. Bei der Einteilung der Kurven in mehrere zeitgleiche Anteile geraten diese elementaren Anteile der Kurve, die es eigentlich zu beurteilen gilt, in verschiedene Abschnitte. Deshalb sind bei den entsprechenden Auswertungen die Abweichungen mitunter sehr groß.

Nicht jedesmal konnte das zu untersuchende Herz in die für die Ableitung günstigste Position gebracht werden. Die Ursache hierfür ist die begrenzte Eingangsebene des Röntgenbildverstärkers. So konnte es vorkommen, daß der Aortenknopf oder die Herzspitze außerhalb der Bildfläche oder zu nahe an den Rand derselben gelegt werden mußte. Soweit die fehlenden Stellen in einer anderen unmittelbar folgenden Aufnahmeserie zur Verfügung standen, wurden sie abgeleitet. Sie konnten natürlich nicht synchronisiert werden, da ja die Herzak-

tionen bei den verschiedenen Ableitungen nicht identisch waren. Es wurde viermal der Aortenknopf isoliert abgeleitet (s. Abb. 5).

Für ein genaues Anlegen der Pilotmarke muß ein gewisser Minimalkontrast gegeben sein. Leider bestand dieser Kontrastsprung nicht immer an jeder Ableitungsstelle. So mußte wiederholt auf Ableitungen verzichtet werden, so auf die vom Conus Pulmonalis und in wenigen Fällen vom Spitzenbereich des Herzens. An der Pulmonalis wirkt vor allem der Lungenhilus störend, an anderen Stellen eine querende Rippe, Verdichtungen im angrenzenden Lungenfeld oder der "Herzbürzel".

Eine gewisse Schwierigkeit liegt darin, daß das Radarkymographiegerät nur die in rein seitlicher Richtung (besser: horizontale Richtung entsprechend den Fernsehzeilen) verlaufenden Bewegungen bzw. Bewegungskomponenten aufnimmt. Allerdings wird dieser Fehler durch die relativ große Fensterhöhe von 7 Zeilen abgeschwächt. Bewegungen in reiner Richtung nach oben und unten können überhaupt nicht berücksichtigt werden.

Die Pilotmarke läßt sich nur von rechts her gut an eine Kontrastgrenze anlegen, d.h. es muß immer der hellere (strahlendurchlässigere) Bereich im elektronischen Fenster rechts von der Pilotmarke liegen. Sie läßt sich zwar prinzipiell auch von links her anlegen, doch müssen hier die Bewegungen des Herzens besonders kontrolliert und zur Pilotmarke koordiniert werden.

Probleme ergeben sich aus den Pendelbewegungen, welche schon für HECKMANN, trotz umfassender Ableitungen und Phasenanalyse, nicht vollständig zu eliminieren waren, zumal der rechte Herzrand aus oben genannten Gründen nicht zur Untersuchung herangezogen werden kann.

Ein eventuell vorhandener diastolischer Kollaps spielt in den kranialen Ableitungen eine gewisse Rolle, da dadurch die Basislinie als die Verbindungslinie der tiefsten Kurvenpunkte tiefer gesetzt werden mußte.

B 2. Untersuchte Parameter

Es wurden sämtliche Werte aus drei Messungen an den Kurven von drei direkt aufeinander folgenden und mit Ausnahme der vier Ableitungen vom Aortenknopf an allen Ableitungen identischen Herzaktionen durch Mittelung erstellt. Die notwendigen Umrechnungen wurden immer an den Einzelwerten durchgeführt und etwaige Ab- bzw. Aufrundungen erst an den endgültigen Resultaten vorgenommen. So kann es vorkommen, daß manche Summenwerte (s. Tab.) mitunter von den aus der Tabelle ersichtlichen Einzelwerten ganz geringfügig abweichen. Die Synchronisation und Identifikation der Aktionen wurde durch die mitgespeicherte EKG-Kurve (Abl.II) gewährleistet.

1. Bestimmung der Amplitude.

Als Amplitude wurde der größte Abstand der Kurvenspitze von der Basis ausgewählt. Als Basis wurde die Verbindungslinie der tiefsten Kurvenpunkte der jeweiligen Herzaktion (entspricht meist dem Endpunkt der systolischen Medialbewegung) verwendet. Die Werte wurden nach einer Arbeitskurve ermittelt, die an Hand der Lichtmessungen erstellt worden war.

2. Differenz der Amplitude zwischen Spitze und Inzisur an den Kurven der großen Gefäße.

Diese Messungen konnten nicht an jeder Gefäßkurve vorgenommen werden, weil die Inzisur in manchen Fällen nicht mit der notwendigen Deutlichkeit zur Darstellung kam. Als Bezugspunkt wurde wie bei 1. die Basis verwendet.

3. Anspannungszeit im Ventrikelbereich.

Die Anspannungszeit bzw. Latenzzeit der Ventrikelbezirke wurde als die Zeit ermittelt, welche von der Spitze der R-Zacke bis zur schnellen systolischen Einwärtsbewegung vergeht. Die Zeit der Ventrikelumformung und eventuellen Pendelns (soweit abschätzbar) wurde also in diese Latenzzeit einbezogen.

4. Anspannungszeit an den großen Gefäßen.

An den großen Gefäßen wurde die Zeit ermittelt, die zwischen der Spitze der R-Zacke im EKG und dem Beginn der schnellen Austreibung vergeht.

5. Geschwindigkeit an den großen Gefäßen.

Es wurde die Geschwindigkeit ermittelt, mit der sich Aorta und A. Pulmonalis in der schnellen Phase der Austreibung nach lateral bewegen. Die Bestimmung erfolgte an Hand der erstellten Arbeitsunterlagen.

6. Dauer der Auswärtsbewegung der großen Gefäße.

Es wurde die Zeit zwischen Beginn der Auswärtsbewegung und der Spitze der Gefäßkurven bestimmt.

7. a) Beginn der Medialbewegung und

b) Beginn der Lateralbewegung.

Es wurde die Zeit zwischen der Spitze der R-Zacke und dem Beginn der Medialbewegung (a) und dem Beginn der Lateralbewegung (b) gemessen und in Beziehung gesetzt zur Dauer der gesamten Herzaktion. Es wurde also bestimmt, nach wieviel Prozent der gesamten Aktionsdauer die betreffenden Bewegungen beginnen.

8. Bestimmung der prozentualen Anteile der vier zeitgleichen Anteile einer Aktionskurve an der Gesamtfläche dieser Kurve.

Hierbei wurde eine Periode definiert als:

- a) Abstand zwischen den zwei tiefsten Punkten in einer Herzaktion
- b) Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden R-Zacken.

Als Basislinie wurde die Verbindungslinie der tiefsten Punkte einer Herzaktion verwendet. Die Kurven wurden auf ein Qualitätspapier mit hoher Konstanz übertragen, ausgeschnitten, den Kriterien a) und b) gemäß geteilt, auf einer Analysenwaage in einem chemischen Labor abgewogen und aus den Teilgewichten durch Summation das Gesamtgewicht ermittelt. Dieses wurde für die einzelne Periode als 100% betrachtet und der prozentuale Anteil für das jeweilige erste, zweite, usw. Viertel berechnet. Aus den drei jeweiligen Einzelwerten wurde der Mittelwert gebildet. Es erübrigte sich an dieser Stelle eine Umrechnung in eine Fläche. Ohne Bedeutung blieb hier die Größe der Schreibverstärkung, da die Kurven einer Ableitung immer mit der gleichen SV geschrieben worden waren.

9. Standardisierung.

Nach den Kriterien 8a und 8b.

Da bei (8) sowohl die Schreibverstärkung als auch die Frequenz ohne Berücksichtigung blieben und nur relative Größen ermittelt wurden, ergab sich die Frage nach einer gewissen Standardisierung. Hierbei wurde die Amplitude auf die Schreibverstärkung $SV = 3$ bezogen (rechnerisch anhand der Ergebnisse aus den experimen-

tellen Messungen), gleich, ob die Originalkurven mit $SV = 1$ oder 10 geschrieben worden waren. Als Frequenz wurden 72 Schläge pro Minute zugrunde gelegt, wohl wissend, daß dadurch eine neue Fehlerquelle auftreten mußte, da ja die elektromechanischen Phänomene, von der Frequenz fast unbeeinflusst, eine große Konstanz wahren. Die erhaltenen Werte wurden mit dem Faktor $12,647 \text{ mm}^2/\text{mgPapier}$ in die Fläche umgerechnet.

10. Bestimmung der Geschwindigkeiten.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeitsverhältnisse wurden je drei Perioden, definiert durch den Abstand zweier R-Zacken, in sechs zeitgleiche Teile geteilt und in jedem dieser Teile die Durchschnittsgeschwindigkeit ermittelt. Dabei wurden vereinfachend nur die Schnittpunkte der Teilungslinien mit der Kurve verbunden und diese Linie als Steigung einer Weg-Zeit-Kurve betrachtet und nach einer aus den Ergebnissen der Eichmessungen erstellten Arbeitskurve bestimmt. Die Dimension ist mm/sec .

Die erhaltenen Werte lassen im Prinzip keine Schlüsse auf die tatsächlichen Geschwindigkeitsverhältnisse an der Herzwand zu, da sie nur Durchschnittsgeschwindigkeiten darstellen und somit aus schnellen und langsamen Komponenten zusammengesetzt sind. So sind z.B. in den Ableitungen der großen Gefäße die tatsächlichen Geschwindigkeiten der Lateralbewegung nur berücksichtigt, wenn diese Phase sich genau über das jeweilige Sechstel der Periode erstreckt. Bei den Ableitungen von Patienten mit hohen Herzfrequenzen fallen die systolische Medialbewegung an der Herzwand und die Lateral-

bewegung an den großen Gefäßen in das dritte
und teilweise vierte Sechstel der Periode,
während bei niedrigen Frequenzen diese schnel-
len Anteile in das zweite Sechstel fallen.

B 3. Untersuchungsmaterial

Die Untersuchung nach den vorhin genannten zehn Parametern wurde an 50 Patienten durchgeführt. Es wurde folgende Einteilung vorgenommen.

1. Normalpersonen unter 40 Jahren.

Die fünf Frauen wurden unter dem Verdacht auf ein Herzleiden untersucht, jedoch als gesund beurteilt. Ihre Blutdruckwerte betragen 105 bis 130 mmHg systolisch und 55 bis 90 mmHg diastolisch (z.T. nach RR und teils nach blutiger Druckmessung bei einer Herzkatheteruntersuchung). (Abb. 2)

2. Normalpersonen über 40 Jahre.

Diese fünf Personen wiesen Blutdruckwerte von 130 bis 150 mmHg systolisch und 85 bis 90 mmHg diastolisch nach RR auf. Bei zweien wurde eine Sklerose der Aorta und bei einem eine Elongation derselben im Röntgenbild festgestellt. Ansonst wurden sie wie die Normalpersonen unter 40 Jahren nach eingehender klinischer Untersuchung als gesund beurteilt. (Abb. 3)

3. Hypertoniker über 60 Jahre.

Diese Gruppe besteht aus neun Patienten, deren Blutdruckwerte sich zwischen 160 bis 200 mmHg systolisch und 80 bis 110 mmHg diastolisch nach RR bewegen. Bei vier Patienten wurde aufgrund der Röntgenaufnahmen eine Aortensklerose befundet, bei zweien davon eine Elongation derselben. Im EKG fand sich

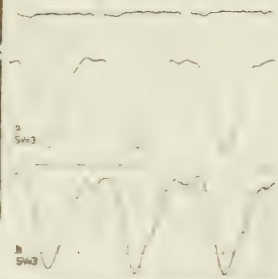


Abb. 2. Radarkymographiekurven
(a-g) und Ableitungsstellen
bei Normalperson unter 40 J..

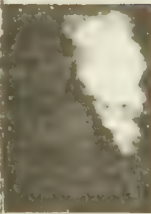
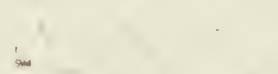


Abb. 3. Radarkymographiekurven
(a-g) und Ableitungsstellen bei
Normalperson über 40 J..

bei zwei Patienten ein AV-Block I. Grades, einmal Verdacht auf Infarkt an der Herzspitze und einmal ein kompletter Rechtsschenkelblock. Bei keinem dieser Patienten bestand ein Verdacht auf ein Herzvitium. (Abb. 4)

4. Hypertoniker zwischen 40 und 60 Jahren.

Zu dieser Gruppe gehören ebenfalls neun Patienten, deren Blutdruckwerte bei 150 bis 200 mmHg systolisch und 80 bis 130 mmHg diastolisch nach RR liegen. Im Röntgenbild finden sich bei einem Patienten eine deutliche Aortensklerose, bei zweien eine Elongation. Im EKG erscheinen bei zwei Patienten Infarktzeichen.

5. Hypertoniker zwischen 20 und 40 Jahren.

Die drei Patienten haben Blutdruckwerte von 145 bis 160 mmHg systolisch und 95 bis 100 mmHg diastolisch nach RR. Bei einem Patienten finden sich im EKG Extrasystolen, bei einem anderen Zeichen für eine Linkshypertrophie und im Röntgenbild ein linksventrikulär betontes Herz.

6. Vorderwand-Spitzen-Infarkt.

Bei den vier Patienten wurden nach bekanntem Vorderwand-Spitzen-Infarkt mittels Katheteruntersuchung dyskinetische bzw. akinetische Bezirke an der Vorderwand des Herzens festgestellt (Cineangiographie), bei einem sogar ein kleines Aneurysma im Spitzenbereich. Das Alter liegt zwischen 31 und 52 Jahren, die Blutdruckwerte nach blutiger Messung mittels Herzkatheter bei 125 bis 158 mmHg systolisch und 75 bis 86 mmHg diastolisch. Bei allen wurde koronare Herzkrankheit schweren Grades (III) mit Stenosen bis zu 60 % an den wichtigen Ästen diagnostiziert (ram. desc. der a. coron. sin.). (Abb. 5)

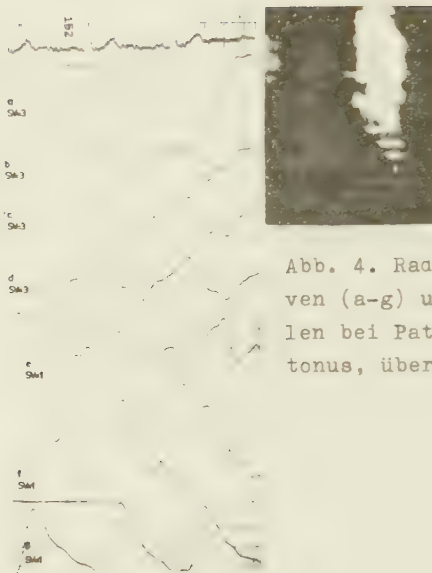


Abb. 4. Radarkymographiekurven (a-g) und Ableitungsstellen bei Patientin mit Hypertonus, über 60 J. alt.

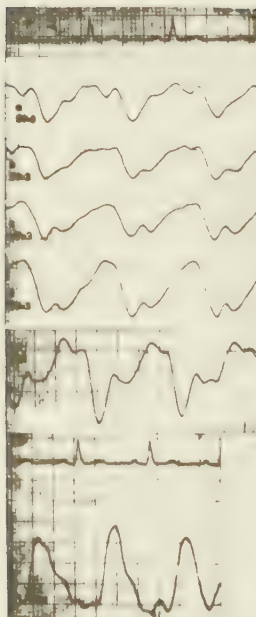


Abb. 5. Radarkymographiekurven (a-g) bei Patient mit Herzinfarkt im VWS-Bereich, Ableitung g aus anderer Phase der Herzaktion, nicht synchron mit den anderen Ableitungen.

7. Vorhofseptumdefekt.

Die drei Patienten mit Vorhofseptumdefekt ohne weitere kardiale Mißbildungen waren 24, 32 und 56 Jahre alt. Bei einem wurde eine Herzkatheteruntersuchung durchgeführt und inzwischen der Defekt verschlossen. Es wurde ein großer ASD mit 60 % Shuntvolumen und in der A. Pulmonalis ein Mitteldruck von 26 mmHg festgestellt. Im EKG fand sich ein AV-Block I. Grades und ein kompletter Rechtsschenkelblock. Bei den zwei anderen Patienten lag nur eine klinische Diagnose vor. (Abb. 6)

8. Vorhofseptumdefekt mit Mitralinsuffizienz.

Von zwei Patientinnen wurde bei einer durch Katheteruntersuchung ein Ostium-Primum-Defekt bei partiellem AV-Kanal und einem Shuntvolumen von 50 % mit Mitralinsuffizienz (Regurgitation ca. 70 %) festgestellt. Das EKG der 29-jährigen zeigte einen inkompletten Rechtsschenkelblock. Bei der anderen Patientin im Alter von 59 Jahren wurde mittels Herzkatheter ein Septum-Primum-Defekt mit einem Shunt von 35-40 % und eine Mitralinsuffizienz bei einem Reflux von 36 ml festgestellt. Im EKG zeigte sich ein AV-Block I. Grades und ein kompletter Rechtsschenkelblock vom Wilson-Typ. (Abb. 7)

9. Mitralinsuffizienz.

Es wurden zwei Patienten im Alter von 54 und 56 Jahren mit kombiniertem Mitralvitium bei überwiegender Insuffizienz, pulmonalem Mitteldruck von 27 und 22 mmHg untersucht, wobei bei ersterem zusätzlich eine Aortenstenose mit diskreter Insuffizienzkomponente als Begleitvitium

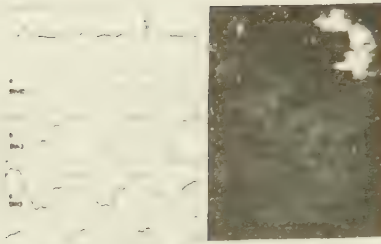


Abb. 6. Radiokymographiekurven (a-g und Ableitstelle f) bei Patient mit einfachem ASD (der Defekt wurde inzwischen verschlossen). Beachte: In Abl. f: SV = 3, in Abl. g: SV = 1.

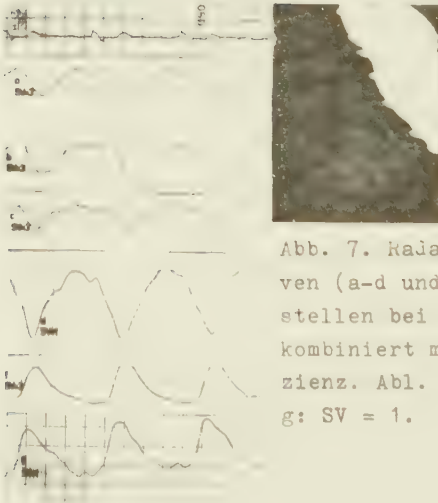


Abb. 7. Radiokymographiekurven (a-d und f-g) und Ableitstellen bei Patientin mit ASD kombiniert mit Mitralinsuffizienz. Abl. f: SV = 3, Abl. g: SV = 1.

besteht. Eine dritte Patientin (56 J.) hat eine reine Mitralinsuffizienz, mit normalen Druckverhältnissen im rechten Herzen und in der A. Pulmonalis (25/8 mmHg). EKG-Befunde konnten nicht eingesehen werden.

10. Mitralstenose.

Hierzu wurden zwei Patientinnen im Alter von 47 und 52 Jahren mit kombiniertem Mitralvitium bei Überwiegen der Stenosekomponente und erhöhten Druckverhältnissen im kleinen Kreislauf (bei der zweiten Patientin beträgt der Mitteldruck in der A. Pulmonalis 38 mmHg) untersucht. Auch hier konnten keine EKG-Befunde eingesehen werden. (Abb. 8)

11. Kombiniertes Aortenvitium.

Zwei Patienten im Alter von 27 und 65 Jahren litten an einem kombinierten Aortenvitium. Es lagen nur klinische Befunde vor, da bei keinem eine Herzkatheteruntersuchung durchgeführt worden war. Der ältere Patient hatte zudem eine erheblich dekompensierte Herzinsuffizienz, das EKG zeigte einen inkompletten Linksschenkelblock und bei beiden ausgeprägte linksventrikuläre Hypertrophiezeichen.

12. Aorteninsuffizienz.

Bei zwei Patienten im Alter von 19 und 24 Jahren wurde mittels Herzkatheteruntersuchung eine reine Aorteninsuffizienz des klinischen Schweregrades I bei geringem bzw. 31 %-igem Reflux festgestellt. Das EKG zeigte bei keinem pathologische Zeichen.

13. Aortenstenose und IHSS.

Eine Patientin (50 J.) und ein Patient (41 J.) wurden mittels Herzkatheter untersucht. Die Frau leidet an koronarer Herzkrankheit mittlerer Schwere, labilem Hypertonus und einer Aortenstenose mittlerer Schwere bei einem systolischen Druckgradienten von 70 mmHg an der Aortenklappe (li. Ventrikel 225/0-14 mmHg, Aorta 135/95 mmHg). Der EKG-Befund konnte nicht eingesehen werden. (Abb. 9)

Der Patient hat eine idiopathische hypertrophische Subaortenstenose (IHSS). Bei der Herzkatheteruntersuchung wurde im linken Ventrikel ein intraventrikulärer systolischer Druckgradient von 85 mmHg zwischen Spitze und Ausfluszbahn, ein erhöhter enddiastolischer Druck in beiden Anteilen dieser Kammer gefunden. Außerdem fand sich an der Aortenklappe ein systolischer Druckgradient von 35 mmHg als Ausdruck einer geringgradigen Stenosekomponente. Im Links-Ventrikel-Cineangiogramm zeigte sich eine deutliche Zweiteilung des linken Ventrikels bei Kontraktion. Das EKG zeigte ausgeprägte Zeichen vermehrter Linksbelastung.

Abb. 8. Radarkymographiekurven
(a-g) bei Patientin mit Mitral-
stenose.

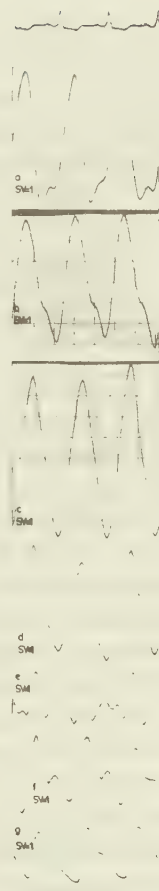
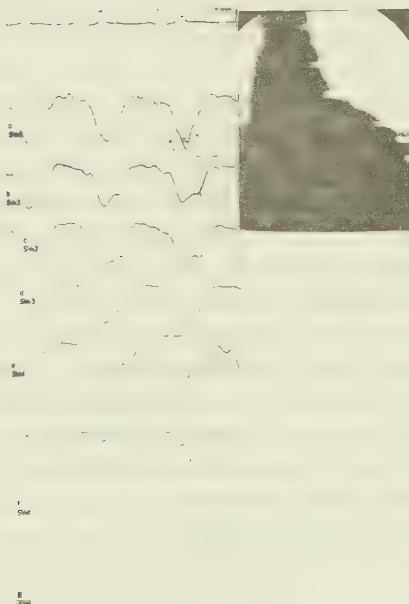


Abb. 9. Radarkymographiekurven
(a-g) und Ableitungsstellen bei
Patientin mit Aortenstenose.

B 4. Ergebnisse.

Die einzeln ermittelten Ergebnisse wurden gruppenweise zusammengefaßt und die Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet nach der Formel:
Standardabweichung:

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{N}{N-1} \bar{x}^2} \\
 \bar{x} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i
 \end{aligned}$$

Es werden die Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt (s. u.).

Die wichtigsten Ergebnisse werden graphisch dargestellt. Auf eine vollständige graphische Wiedergabe mußte wegen des zu hohen Arbeitsaufwandes verzichtet werden. Dabei stehen die Ergebnisse der jeweiligen Patientengruppen denen der altersentsprechenden Kontrollgruppen gegenüber, so daß man die Abweichungen der verschiedenen Abarten eines Vitiums gegeneinander und gegen die Kontrollgruppen leicht ersehen kann.

Hier sollen im einzelnen nur wesentliche Abweichungen berücksichtigt werden. Die Reihenfolge der Parameter richtet sich nach dem Schlüssel der Ergebnistabellen.

B 4.1. Beschreibung der Ergebnisse

1. Amplituden. (Tab. I-XIV unter 1)

Die Kontrollgruppe unter 40 Jahren weist an allen Ableitstellen größere Amplituden auf als die Gruppe der über 40 Jahre alten Normalpersonen (Abb. 12b). Eine gegenüber der jeweils altersentsprechenden Kontrollgruppe vergrößerte Amplitude der Bewegung im Bereich der linken Herzkammer findet man bei den Patienten mit ASD ohne weitere Komplikationen, mit dem größten Ausschlag dieser Arbeit überhaupt in der Ableitung a mit $7,29 \pm 1,90$ mm (Abb. 12b; Tab. VIII, 1, a). Eine kleinere Amplitude als die Kontrollgruppen weisen die Patienten mit Infarkt im Vorderwandspitzenbereich in den Ableitungen a-c (Abb. 10b) und die Patienten mit Mitralinsuffizienz auf (Abb. 13b). An den Kurven der großen Gefäße treten erhöhte Amplituden an der Pulmonalis auf bei den Hypertonikern über 40 und 60 Jahren (Abb. 10b), bei unkompliziertem ASD (Abb. 12b), ASD kombiniert mit Mitralinsuffizienz und gering erhöht bei Mitralstenose (Abb. 13b). An der Aorta tritt eine vergrößerte Amplitude auf bei den Hypertonikern unter 40 Jahren (Abb. 11b), den Patienten mit einfachem ASD (Abb. 12b), Mitralstenose (Abb. 13b), kombiniertem Aortenvitium und geringgradig bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS (Abb. 14b), während bei den Patienten mit Aorteninsuffizienz des Schweregrades I die Amplitude leicht erniedrigt erscheint (Abb. 14b).

2. Amplitudendifferenz zwischen Spitze und Inzisur der Kurven der großen Gefäße. (Tab. I-XIV unter 2)

Bei der Normalgruppe unter 40 Jahren ist dieser Parameter an beiden Gefäßen größer als bei der über 40 Jahren (Abb. 12e).

An der Pulmonalis erscheint eine Vergrößerung gegenüber den Kontrollgruppen bei den Patienten mit einfachem ASD (Abb. 12e), eine Verkleinerung bei denen mit Mitralinsuffizienz (Abb. 13e).

An der Aorta ist der Abstand zwischen Kurvenspitze und Inzisur vergrößert bei den Hypertonikern über 60 J. (Abb. 10e), leicht vergrößert bei einfachem ASD (Abb. 12e), Mitralinsuffizienz, Mitralstenose (Abb. 13e) und kombiniertem Aortenvitium (Abb. 14e).

3. Latenzzeit im Ventrikelbereich. (Tab. I-XIV unter 3)

Sie unterscheidet sich bei den beiden Kontrollgruppen nicht wesentlich (Abb. 12c). Sie ist verlängert bei den Patienten mit Herzinfarkt (Abb. 10c) und kombiniertem Aortenvitium (Abb. 14c).

4. Zeit zwischen R-Zacke und schneller Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße. (Tab. I-XIV unter 4)

Sie dauert bei der Kontrollgruppe über 40 J. länger als bei der jüngeren (Abb. 12c).

An der Pulmonalis ist sie verlängert bei ASD mit Mitralinsuffizienz (Rechtsschenkelblock) (Abb. 12c).

An der Aorta tritt eine Verzögerung auf bei den Patienten mit Herzinfarkt (Abb. 10c) und denen mit kombiniertem Aortenvitium (Herzinsuffizienz) (Abb. 14c).

5. Geschwindigkeit der schnellen Lateralbewegung der großen Gefäße. (Tab. I-XIV unter 5)
Sie ist bei den Normalpersonen unter 40 J. an der Pulmonalis etwa doppelt so groß wie bei der Gruppe über 40 J. (Abb. 12f), an der Aorta dagegen nur geringfügig erhöht (Abb. 12f).
Gegenüber der zugehörigen Kontrollgruppe erscheint sie erhöht an der Pulmonalis bei den Patienten mit Hypertonus über 60 J. und über 40 J. (Abb. 10f), einfachem ASD (Abb. 12f), ASD mit Mitralinsuffizienz (Abb. 12f) und reiner Mitralinsuffizienz (Abb. 13f), leicht erniedrigt bei den Hypertonikern unter 40 Jahren (Abb. 11f).
Die Aortenkurve zeigt gegenüber den Normalgruppen erhöhte Geschwindigkeit bei einfachem ASD (Abb. 12f), Mitralinsuffizienz und Mitralstenose (Abb. 13f), kombiniertem Aortenvitium (hier wohl trotz schwerer Herzinsuffizienz) und Aorteninsuffizienz (Abb. 14f). Erniedrigte Werte treten nicht auf.

6. Dauer der Lateralbewegung der großen Gefäße.
(Tab. I-XIV unter 6)

Die beiden Normalgruppen verhalten sich etwa gleich (Abb. 12d).

An der Pulmonalis ist die Dauer bei den Patienten mit kompliziertem ASD geringfügig (Abb. 12d), bei denen mit reiner Mitralinsuffizienz deutlich verkürzt (Abb. 13d).

An der Aorta ist diese Phase verlängert bei den Hypertonikern unter 40 J. (Abb. 11d), kombiniertem Aortenvitium und Aortenstenose bzw. IHSS, verkürzt bei Aorteninsuffizienz (Abb. 14d).

7.a) Beginn der Medialbewegung

als relativer Anteil an der Aktionsdauer. Wesentliche Verspätungen gegenüber den sich kaum voneinander unterscheidenden Werten der Kontrollgruppen (Tab. I,7.a,a-d; II,7.a,a-d) finden sich im Ventrikelbereich bei den Patienten mit VWS-Infarkt (Tab. VI,7.a,a-d), Mitralstenose (Tab. XI,7.a,a-d), kombiniertem Aortenvitium (Herzinsuff.) (Tab. XII,7.a,a-d). Etwas kleinere Werte treten nur bei Aorteninsuffizienz auf (Tab. XIII,7.a,a-d). Die Medialbewegung der Gefäße (ab Kurvenspitze) setzt bei den Normalpersonen unter 40 J. (Tab. I,7.a,f-g) etwas früher ein als bei denen über 40 J. (Tab. II,7.a,f-g). Früher als bei den entsprechenden Kontrollgruppen erfolgt sie an der Pulmonalis bei den Patienten mit Mitralinsuffizienz (Tab. X,7.a,f), später bei denen mit Mitralstenose (Tab. XI,7.a,f). Eine verspätete Medialbewegung an beiden Gefäßen zeigt sich bei den Patienten mit Hypertonus unter 40 J. (Tab. V,7.a,f-g), nur an der Aorta bei den Patienten mit VWS-Infarkt (Tab. VI,7.a,g), Mitralstenose (Tab. XI,7.a,g) und kombiniertem Aortenvitium (Herzinsuff.) (Tab. XII,7.a,g). Früher als bei den Normalpersonen wird die Spitze der Aortenkurve nur bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS erreicht (Tab. XIV,7.a,g).

7.b) Beginn der Lateralbewegung

als relativer Anteil an der Aktionsdauer. Die Lateralbewegung im Ventrikelbereich beginnt bei der Kontrollgruppe unter 40 J. (Tab. I,7.b,a-d) früher als bei der älteren (Tab. II,7.b,a-d). Gegenüber diesen Werten tritt sie verspätet auf bei den Patienten mit Herzinfarkt (Tab. VI,7.b,a-d), Mitralstenose (Tab. XI,7.b,a-d) und

deutlich verfrüht bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS (Tab. XIV,7.b,a-d). Die Lateralbewegung der großen Gefäße setzt (wie aus 4. zu erwarten) bei den Kontrollpersonen unter 40 J. wesentlich früher ein (Tab. I,7.b,f-g) als bei denen über 40 J. (Tab. II,7.b,f-g). Von diesen unterscheiden sich die Patienten mit VWS-Infarkt (Tab. VI,7.b,g) und die mit kombiniertem Aortenvitium (und Herzinsuffizienz) (Tab. XII,7.b,g) durch Verspätung an der Aortenkurve, die Patienten mit Mitralinsuffizienz (Tab. X,7.b,g) und die mit Aortenstenose bzw. IHSS (Tab. XIV,7.b,g) durch verfrühte Lateralbewegung an diesem Gefäß.

8. Standardisierung. (Tab. I-XIV unter 8a und 8b)
Die Werte, die sich bei der Standardisierung der Kurvenfläche auf 72 Schläge in der Minute und die Schreibverstärkung $SV = 3$ ergeben, sind direkt abhängig von der Höhe der Amplituden und davon, in welchem Zeitanteil der Aktion die Medialbewegung und die Lateralbewegung einsetzen und wie schnell sie erfolgen. Im wesentlichen ergeben sich bei einem Vergleich der Werte der verschiedenen Ableitungen des gleichen Patienten untereinander und der gleichen Ableitungen der Patienten mit den verschiedenen Krankheiten Resultate, die zu den entsprechenden Beziehungen der Amplituden parallel laufen (vgl. Abb. 10b-14b mit Abb. 10a-14a). Deshalb kann von einer eingehenden Betrachtung dieser Ergebnisse Abstand genommen werden.

9.a) Prozentualer Anteil der vier zeitgleichen Anteile der Kurve an der Gesamtfläche der Kurve einer Periode, welche durch den Abstand zwischen den zwei tiefsten Punkten der Kurve in einer Herzaktion definiert wird.

Bei den zwei Kontrollgruppen sind keine wesentlichen Unterschiede in der Verteilung der Anteile festzustellen (vgl. Tab. I,9.a,a-g mit Tab. II,9.a,a-g). Der Vergleich der einzelnen Ableitungen in Hinsicht auf die einzelnen zeitgleichen Anteile unter den Patienten mit den verschiedenen Herzkrankheiten und mit den Kontrollpersonen zeigt keine wesentlichen Verschiebungen auf (vgl. Tab. I,9.a,a₁-g₄ bis Tab. XIV, 9.a,a₁-g₄).

9.b) Prozentualer Anteil der vier zeitgleichen Anteile der Kurve an der Gesamtfläche der Kurve einer Periode, welche durch den Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden R-Zacken im EKG definiert ist.

Bei den Kontrollgruppen kann man im zweiten und dritten Viertel der Ventrikelkurven ein unterschiedliches Verhalten feststellen (Tab. I,II, 9.b,a-d). Bei den Personen unter 40 J. zeigt das zweite Viertel den geringsten prozentualen Anteil (7,78 bis 10,59 %), bei den über 40 Jahre alten Personen außer der Ableitung a das dritte Viertel (8,85 bis 10,34 %). Das erste Viertel läßt kaum Unterschiede erkennen, das letzte Viertel weist bei den älteren Personen einen deutlich geringeren prozentualen Anteil auf. Bei den Gefäßkurven ist bei den jüngeren Normalpersonen das zweite Viertel an der Pulmo-

naliskurve etwas stärker betont, während an der Aortenkurve kaum Unterschiede auftreten (Tab. I, II, 9.b,f-g).

Im Ventrikelbereich zeigen die Hypertoniker über 40 und 60 J. neben kleinen Nivellierungen der Verteilung im zweiten und dritten Viertel das umgekehrte Verhalten gegen die altersentsprechenden Kontrollpersonen (Tab. III, IV, 9.b, a-d). Die Hypertoniker unter 40 J. verhalten sich in dieser Beziehung ambivalent (Tab. V, 9.b, a-d). Bei den Patienten mit VWS-Infarkt ist das zweite Viertel in den kaudalen Ableitungen a und b betont (Tab. VI, 9.b, a-b), bei den Patienten mit kombiniertem Mitralvitium bei überwiegender Stenose sind das zweite und dritte Viertel in allen Ventrikelkurven stärker ausgebildet (Tab. XI, 9.b, a-d). Eine starke Betonung des zweiten Viertels findet man bei den Patienten mit kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII, 9.b, a-d).

An der Pulmonaliskurve sind keine Abweichungen vom Verhalten der Kurven der Normalpersonen festzustellen, während an der Aorta bei Mitralstenose (Tab. XI, 9.b, g) und kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII, 9.b, g) eine Nivellierung des zweiten unter leichter Betonung des dritten Viertels und bei Aortenstenose bzw. IHSS eine leichte Betonung der ersten zwei Viertel, unter starker Verminderung des Anteiles des dritten Viertels, auftreten (Tab. XIV, 9.b, g).

10. Geschwindigkeit.

Beim Vergleich der mittleren Geschwindigkeiten der sechs zeitgleichen Kurvenanteile soll nicht auf die Absolutwerte, sondern nur auf das wesent-

liche Verhalten eingegangen werden. Im Ventrikelbereich erfolgt bei den Normalpersonen unter 40 J. die schnellste Medialbewegung im zweiten Sechstel der Kurven (Tab. I,10,a-d), bei denen über 40 J. teils im zweiten, teils im dritten Sechstel (Tab. II,10,a-d). Die Patienten mit VWS-Infarkt zeigen in den kaudalen Ableitungen die schnellste Medialbewegung eindeutig im dritten Sechstel (Tab. VI,10,a-d) ebenso die Patienten mit Mitralstenose (Tab. XI,10,a-d). Die Lateralbewegung beginnt bei den Kontrollpersonen im wesentlichen im vierten Sechstel, mit der größten Geschwindigkeit meist im Anfang dieser Bewegung oder im fünften Sechstel (Tab. I,II,10,a-d). Bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS beginnt diese Bewegung bereits im dritten Sechstel in allen Ventrikeldableitungen (Tab. XIV,10,a-d), während bei den Patienten mit VWS-Infarkt der Beginn im vierten und fünften, die größte Geschwindigkeit im letzten Sechstel liegt (Tab. VI,10,a-d). Bei den Patienten mit Mitralstenose wandert der Beginn der Lateralbewegung von kaudal nach kranial vom vierten (Abl. a) zum letzten Sechstel (Abl. b-d) (Tab. XI,10,a,b-d). An der Pulmonalis ist die Geschwindigkeit der Lateralbewegung bei den Normalpersonen unter 40 J. erheblich größer als bei den über 40 J. alten Kontrollpersonen, im dritten Sechstel bewegt sich das Gefäß bereits wieder relativ schnell nach medial, während bei den Personen über 40 J. in diesem Teil die Geschwindigkeit minimal ist (Kuppenbereich der Kurve) (Tab. I,II,10,f). Bei den Patienten mit unkompliziertem ASD erstreckt sich die Lateralbewegung in das dritte Sechstel, mit größter Geschwindigkeit im zweiten, gefolgt von einer sehr

schnellen Medialbewegung im vierten Sechstel (Tab. VIII,10,f). Bei den Patienten mit Mitralstenose dauert die Lateralbewegung bis in das dritte Sechstel an, dann folgt wie bei ASD eine relativ schnelle Medialbewegung (Tab. XI,10,f). Die größte Geschwindigkeit (zweites Sechstel) beobachtet man bei ASD mit Mitralinsuffizienz: $16,5 \pm 1,2$ mm/sec gegenüber $6,2 \pm 2,2$ mm/sec bei der Kontrollgruppe (Tab. IX,10,f). An der Aorta ist bei den Normalpersonen über 40 Jahren gegenüber den jüngeren Kontrollpersonen im dritten Sechstel die Medialbewegung noch sehr langsam (Tab. I,II,10,g). Die Lateralbewegung ist über das dritte Sechstel verlängert bei den Patienten mit VWS-Infarkt (Tab. VI,10,g), unkompliziertem ASD (Tab. VIII,10,g), Mitralinsuffizienz (Tab. X,10,g), Mitralstenose (Tab. XI,10,g) und kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII,10,g). Die Geschwindigkeit dieser Bewegung ist ziemlich konstant verteilt über die verschiedenen Patientengruppen, nur bei den Hypertonikern unter 40 J. ist sie geringfügig erhöht (Tab. V, 10,g).

B 4.2. Graphische Darstellung der Ergebnisse
von einigen untersuchten Parametern.

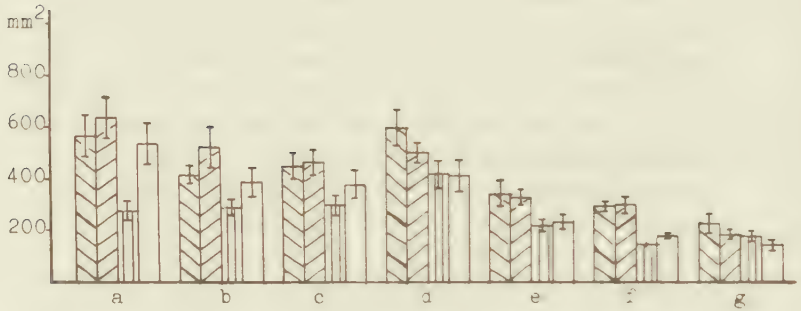


Abb. 10a. Summenwerte der Standardisierung:
Kurvenfläche der Ableitungen a-g, bezogen auf
Frequenz = 72/min und SV = 3, Papiervorschub
50 mm/sec -mm²-

Für die Abb. 10a-f gilt folgendes:

Hypertoniker über 40 J.

Hypertoniker über 60 J.

Herzinfarkt im VWS-Bereich

Normalpersonen über 40 J.



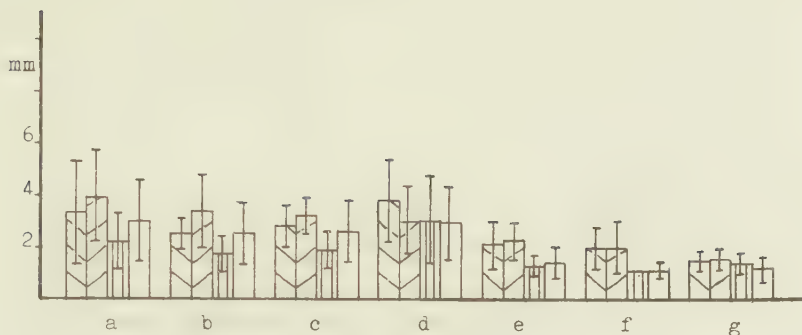


Abb. 10b. Amplituden der Ableitungen a-g -mm-
Zuordnung wie Abb. 10a.

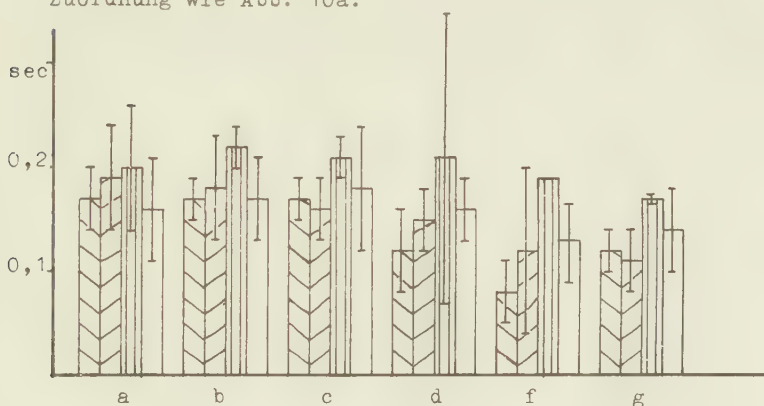


Abb. 10c. Latenzzeit im Ventrikelbereich (a-d) und
Zeit zwischen R-Zacke und schneller Lateralbewegung
der großen Gefäße (f-g) -sec- Zuordnung wie Abb. 10a.

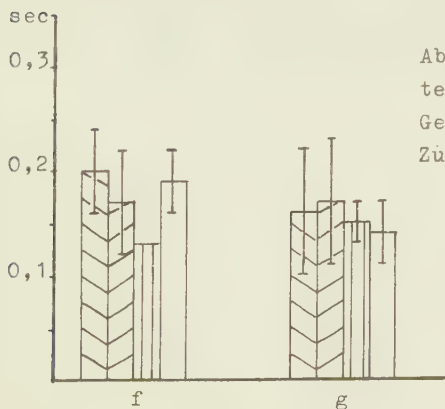


Abb. 10d. Dauer der La-
teralbewegung der großen
Gefäße (f-g) -sec-
Zuordnung wie Abb. 10a.

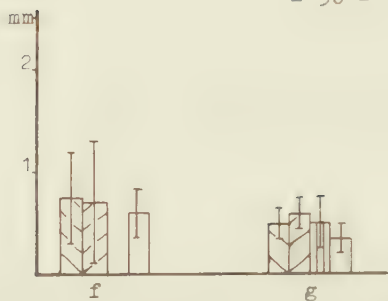


Abb. 10e. Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Gefäßkurven (f-g) -mm- Zuordnung wie Abb. 10a.

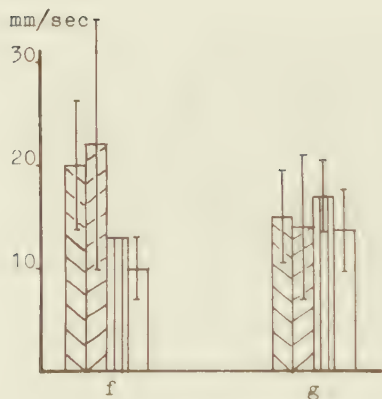


Abb. 10f. Geschwindigkeit während der schnellen Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße. -mm/sec- Zuordnung wie Abb. 10a.

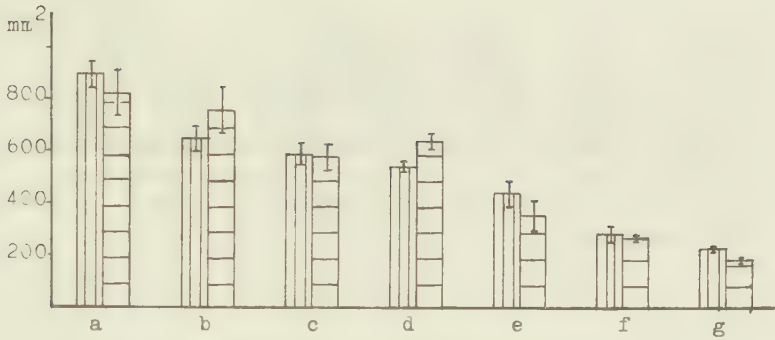


Abb. 11a. Summenwerte der Standardisierung:
Kurvenfläche der Ableitungen a-g, bezogen auf
Frequenz = 72/min und SV = 3, Papiervorschub
50 mm/sec -mm²-

Für die Abb. 11a-f gilt folgende Zuordnung:

Hypertoniker unter 40 J.

Normalpersonen unter 40 J.



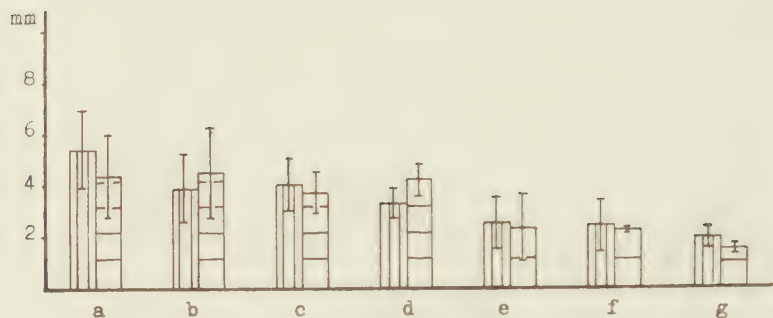


Abb. 11b. Amplituden der Ableitungen a-g -mm-
Zuordnung wie Abb. 11a.

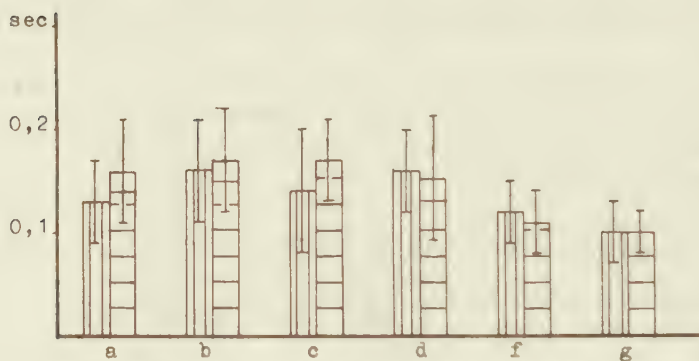


Abb. 11c. Latenzzeit im Ventrikelbereich (a-d) und
Zeit zwischen R-Zacke und schneller Lateralbewegung
der großen Gefäße (f-g) -sec- Zuordnung wie Abb. 11a.

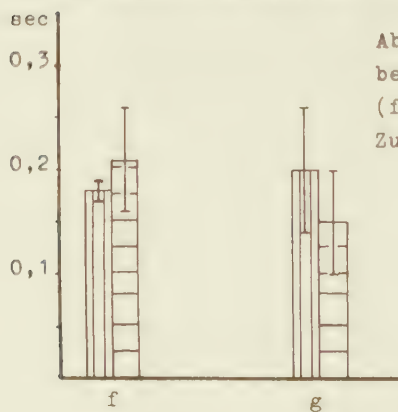


Abb. 11d. Dauer der Lateral-
bewegung der großen Gefäße
(f-g) -sec-
Zuordnung wie Abb. 11a.

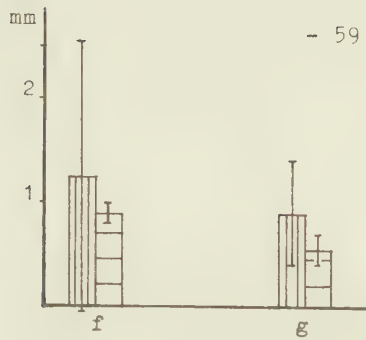


Abb. 11e. Abstand zwischen Spitze und Inzisur der großen Gefäßkurven (f-g) -mm- Zuordnung wie Abb. 11a.

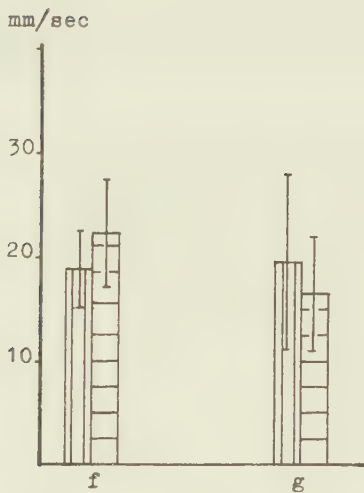


Abb. 11f. Geschwindigkeit während der schnellen Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße. -mm/sec- Zuordnung wie Abb. 11a.

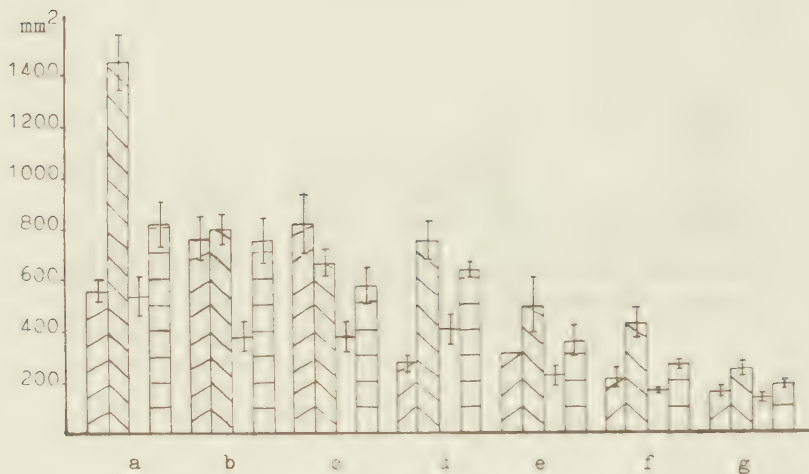


Abb. 12a. Summenwerte der Standardisierung:
 Kurvenfläche der Ableitungen a-g, bezogen auf
 Frequenz = 72/min und SV = 3, Papiervorschub
 50 mm/sec -mm²-

Für die Abb. 12a-f gilt folgende Zuordnung:

Komplizierter ASD

Einfacher ASD

Normalpersonen über 40 J.

Normalpersonen unter 40 J.



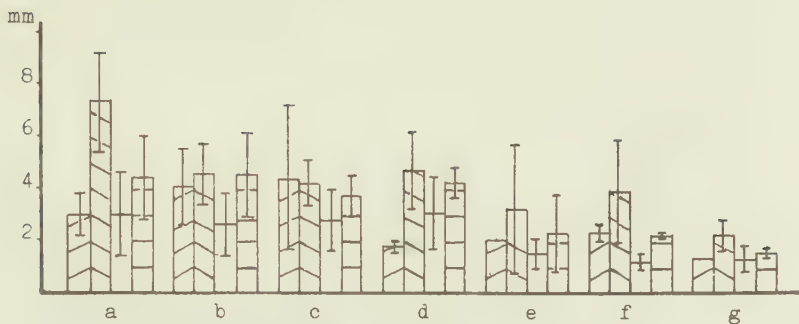


Abb. 12b. Amplituden der Ableitungen a-g -mm-
Zuordnung wie Abb. 12a.

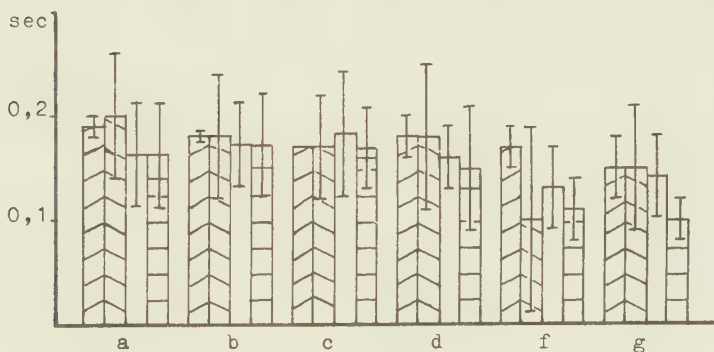


Abb. 12c. Latenzzeit im Ventrikelbereich (a-d) und
Zeit zwischen R-Zacke und schneller Lateralbewegung
der großen Gefäße (f-g) -sec- Zuordnung wie Abb. 12a.

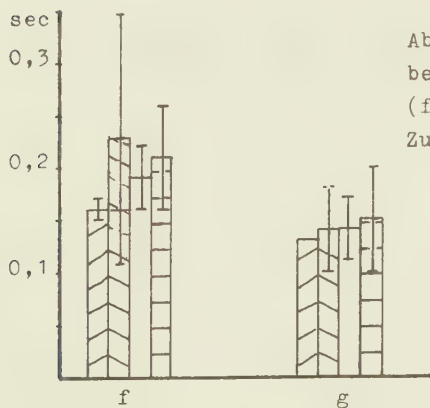


Abb. 12d. Dauer der Lateral-
bewegung der großen Gefäße
(f-g) -sec-
Zuordnung wie Abb. 12a.

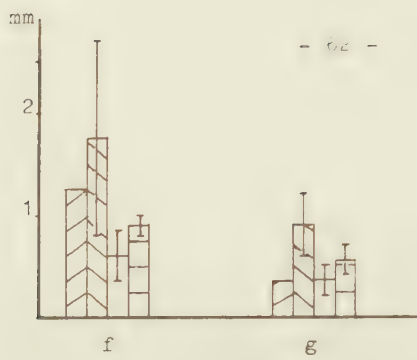


Abb. 12e. Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Gefäßkurven (f-g) -mm- Zuordnung wie Abb. 12a.

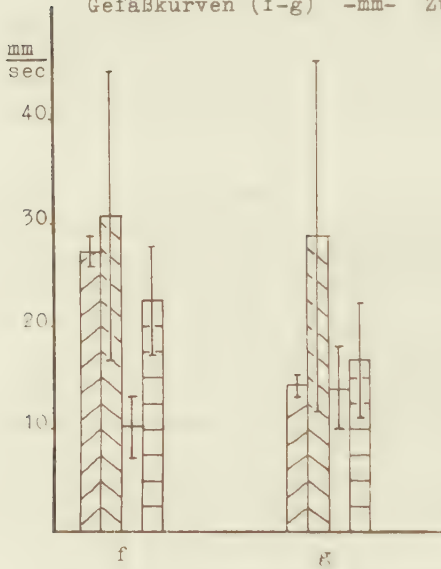


Abb. 12f. Geschwindigkeit während der schnellen Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße. -mm/sec- Zuordnung wie Abb. 12a.

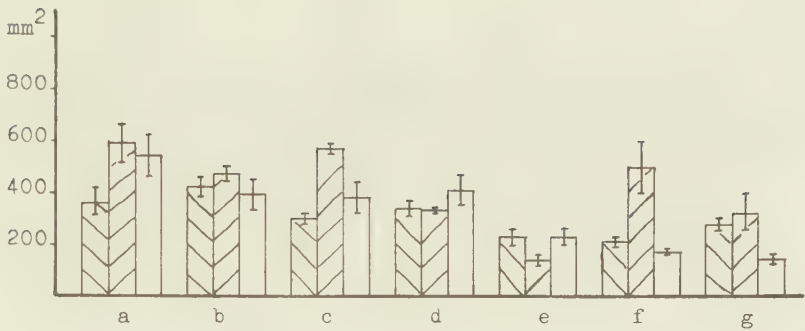


Abb. 13a. Summenwerte der Standardisierung:
Kurvenfläche der Ableitungen a-g, bezogen auf
Frequenz = 72/min und SV = 3, Papiervorschub
50 mm/sec -mm²-

Für die Abb. 13a-f gilt folgende Zuordnung:

Mitralinsuffizienz

Mitralstenose

Normalpersonen über 40 J.



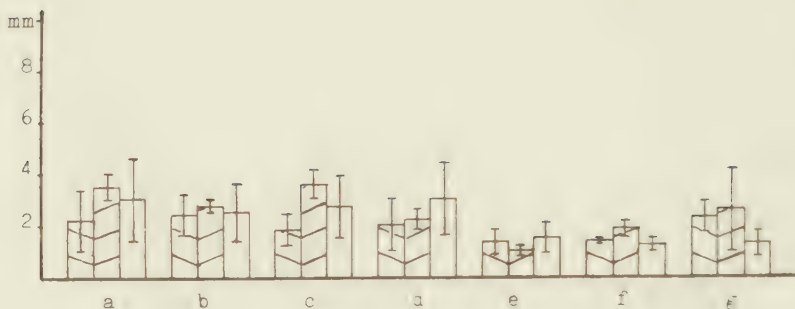


Abb. 13b. Amplituden der Ableitungen a-g -mm-
Zuordnung wie Abb. 13a.

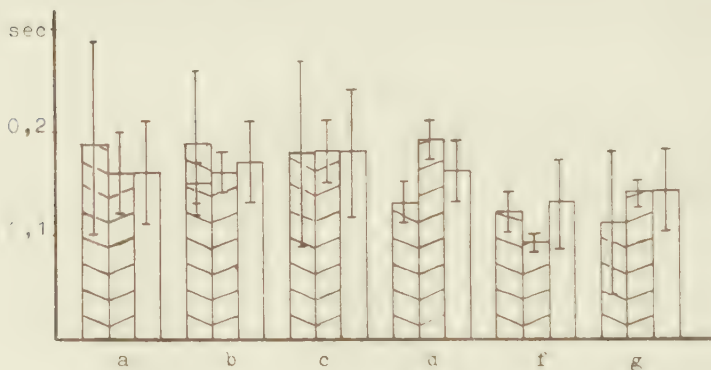


Abb. 13c. Latenzzeit im Ventrikelbereich (a-d) und
Zeit zwischen R-Zacke und schneller Lateralbewegung
der großen Gefäße (f-g) -sec- Zuordnung wie Abb. 13a.

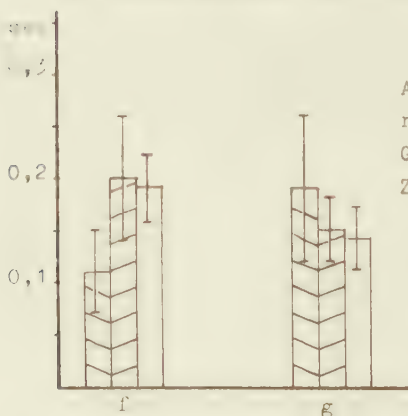


Abb. 13d. Dauer der Late-
ralbewegung der großen
Gefäße (f-g) -sec-
Zuordnung wie Abb. 13a.

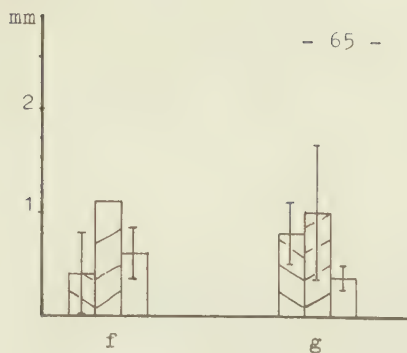


Abb. 13e. Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Gefäßkurven (f-g) -mm- Zuordnung wie Abb. 13a.

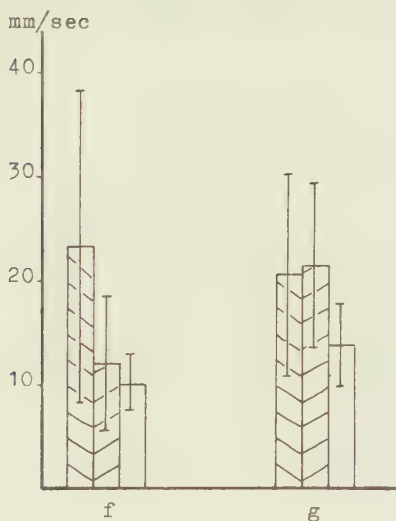


Abb 13f. Geschwindigkeit während der schnellen Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße.
-mm/sec- Zuordnung wie Abb. 13a.

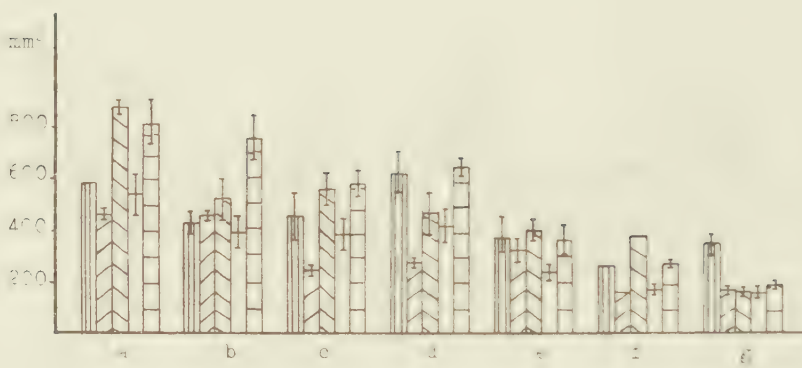


Abb. 14a. Summenwerte der Standardisierung:
 Kurvenfläche der Ableitungen a-g, bezogen auf
 Frequenz = 72/min und SV = 3, Papiervorschub
 50 mm/sec -mm²-

Für die Abb. 14a-f gilt folgende Zuordnung:

Kombiniertes Aortenvitium
 Aorteninsuffizienz
 Aortenstenose bzw. IHSS
 Normalpersonen über 40 J.
 Normalpersonen unter 40 J.



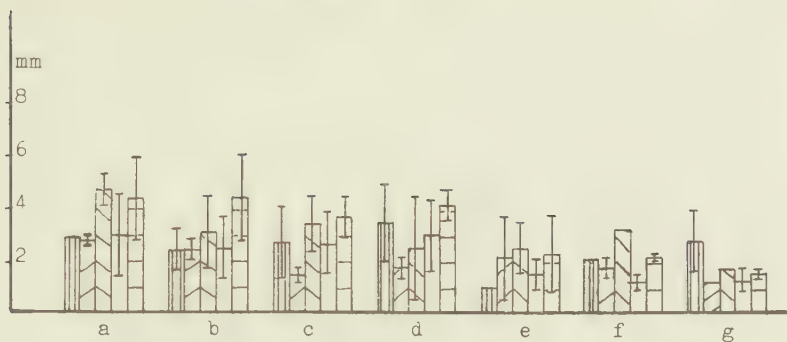


Abb. 14b. Amplituden der Ableitungen a-g -mm-
Zuordnung wie Abb. 14a.

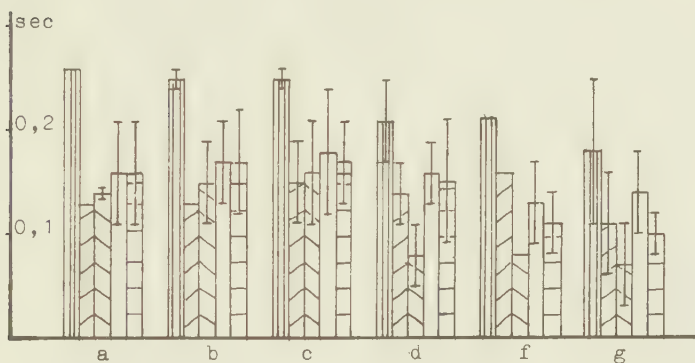


Abb. 14c. Latenzzeit im Ventrikelbereich (a-d) und
Zeit zwischen R-Zacke und schneller Lateralbewegung
der großen Gefäße (f-g) -sec- Zuordnung wie Abb. 14a.

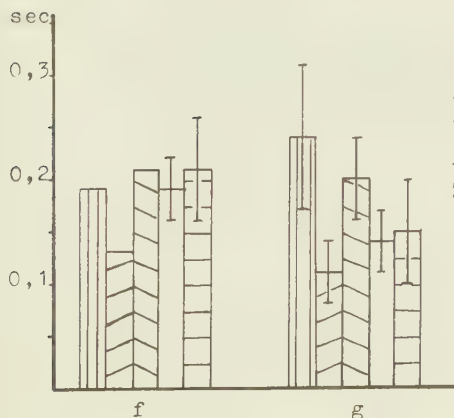


Abb. 14d. Dauer der La-
teralbewegung der gro-
ßen Gefäße (f-g) -sec-
Zuordnung wie Abb. 14a.

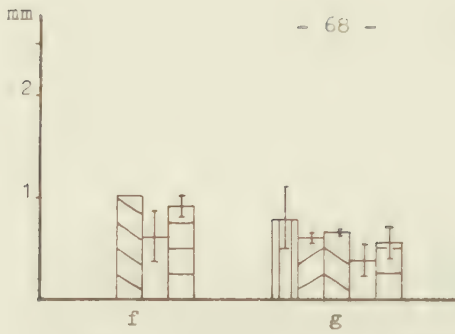


Abb. 14e. Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Gefäßkurven (f-g) -mm- Zuordnung wie Abb. 14a.

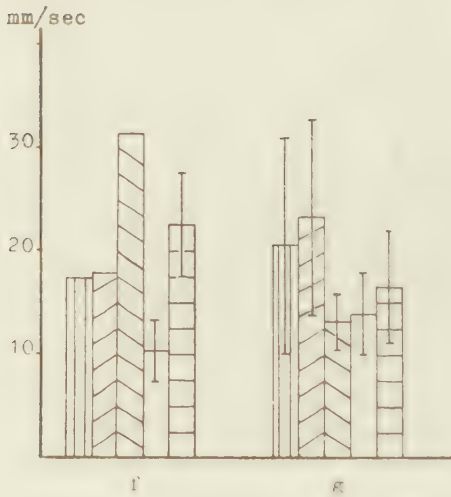


Abb. 14f. Geschwindigkeit während der schnellen Phase der Lateralbewegung der großen Gefäße. -mm/sec- Zuordnung wie Abb. 14a.

B 4.3. Tabellen

Schlüssel der Patientengruppen (PG) für die
Ergebnistabellen:

- I Normalgruppe unter 40 J..
- II Normalgruppe über 40 J..
- III Hypertoniker über 60 J..
- IV Hypertoniker zwischen 40 und 60 J.
- V Hypertoniker unter 40 J..
- VI Patienten mit bekanntem Infarkt im Vorderwand-Spitzen-Bereich und Verdacht auf ein Herzwandaneurysma (Alter: 31 bis 52 J.).
- VII Vergleichswerte aus HECKMANN, soweit verfügbar.
- VIII Vorhofseptumdefekt ohne weitere Komplikationen im Alter von 24, 32 und 56 J..
- IX Vorhofseptumdefekt (Ostium primum) kombiniert mit hämodynamisch wirksamer Mitralinsuffizienz (Alter: 29 und 59 J.).
- X Mitralvitium mit vorwiegender Insuffizienz (Alter: 54 und 56 J.).
- XI Kombiniertes Mitralvitium mit Überwiegen der Stenose (Alter: 47 und 52 J.).
- XII Kombiniertes Aortenvitium (keine Katheteruntersuchung) (Alter: 27 und 65 J.).
- XIII Aorteninsuffizienz des klinischen Schweregrades I (Alter: 19 und 24 J.).
- XIV Aortenstenose mittlerer Schwere (50 J.) und Idiopathische hypertrophische Subaortenstenose (41 J.).

Schlüssel der Parameter bzw. Untersuchungsgrößen
der Ergonistabellen:

1. Amplitude. -mm-
2. Amplitudendifferenz zwischen Spitze und Inzisur
der Gefäßkurven. -mm-
3. Zeit zwischen Spitze der R-Zacke und Beginn der
Medialbewegung an der Ventrikelwand. -sec-
4. Zeit zwischen R-Zacke (Spitze) und Beginn der
"rapid ejection" der großen Gefäße. -sec-
5. Geschwindigkeit der Lateralbewegung der "rapid
ejection". -mm/sec-
6. Dauer der Lateralbewegung der großen Gefäße.
-sec-
7. a) Beginn der Medialbewegung und
b) Beginn der Lateralbewegung der Ventrikelwand
als relativer Zeitanteil an der Dauer einer
Herzaktion. -%-
8. Standardisierung auf die Frequenz von 72 Herz-
aktionen/min und verwendete Schreibverstärkung
 $SV = 3$ unter Umwandlung in Fläche (mm^2) von je
zeitgleich viergeteilten Kurvenabschnitten einer
Periode, definiert durch den
 - a) Abstand zwischen den zwei tiefsten Punkten
in einer Herzaktion und den
 - b) Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden
R-Zacken. - mm^2 -
9. Prozentualer Anteil der vier zeitgleichen An-
teile der Kurve an der Gesamtfläche einer Periode,
definiert durch den
 - a) Abstand zwischen den zwei tiefsten Punkten
der Kurve in einer Herzaktion und den
 - b) Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden
R-Zacken. -%-
10. Mittlere Geschwindigkeit der sechs zeitgleichen
Kurvenanteile einer Periode.
Lateralbewegung: +, Medialbewegung: -. -mm/sec-

P.G. Pam.	I	II	III	IV	V	VI	VII
Abl.							
1	a	4,41 $\pm$ 1,57	3,01 $\pm$ 1,58	3,80 $\pm$ 1,70	3,28 $\pm$ 1,98	5,43 $\pm$ 1,55	2,17 $\pm$ 1,12
	b	4,53 $\pm$ 1,63	2,53 $\pm$ 1,17	3,24 $\pm$ 1,53	2,48 $\pm$ 0,58	3,93 $\pm$ 1,33	1,70 $\pm$ 0,66
	c	3,71 $\pm$ 0,84	2,71 $\pm$ 1,18	3,07 $\pm$ 0,67	2,78 $\pm$ 0,82	3,97 $\pm$ 0,95	1,89 $\pm$ 0,66
	d	4,18 $\pm$ 0,61	3,02 $\pm$ 1,37	3,08 $\pm$ 1,39	3,83 $\pm$ 1,56	3,26 $\pm$ 0,58	3,09 $\pm$ 1,68
	e	2,32 $\pm$ 1,54	1,47 $\pm$ 0,61	2,24 $\pm$ 0,73	2,14 $\pm$ 0,86	2,50 $\pm$ 0,95	1,30 $\pm$ 0,44
	f	2,12 $\pm$ 0,07	1,21 $\pm$ 0,29	2,02 $\pm$ 1,02	2,06 $\pm$ 0,76	2,37 $\pm$ 1,00	1,17
	g	1,48 $\pm$ 0,21	1,25 $\pm$ 0,47	1,51 $\pm$ 0,43	1,55 $\pm$ 0,39	1,91 $\pm$ 0,41	1,52 $\pm$ 0,36
2	f	0,88 $\pm$ 0,11	0,60 $\pm$ 0,23	0,68 $\pm$ 0,59	0,74 $\pm$ 0,46	1,23 $\pm$ 1,28	-
	g	0,56 $\pm$ 0,16	0,33 $\pm$ 0,16	0,61 $\pm$ 0,17	0,50 $\pm$ 0,15	0,88 $\pm$ 0,49	0,49 $\pm$ 0,27
3	a	0,16 $\pm$ 0,05	0,16 $\pm$ 0,05	0,19 $\pm$ 0,05	0,17 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,04	0,20 $\pm$ 0,06
	b	0,17 $\pm$ 0,05	0,17 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,05	0,17 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,05	0,22 $\pm$ 0,02
	c	0,17 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,06	0,16 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,06	0,21 $\pm$ 0,02
	d	0,15 $\pm$ 0,06	0,16 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,04	0,16 $\pm$ 0,04	0,21 $\pm$ 0,14
4	f	0,11 $\pm$ 0,03	0,13 $\pm$ 0,04	0,12 $\pm$ 0,04	0,08 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,12
	g	0,10 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,04	0,11 $\pm$ 0,03	0,12 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,003
5	f	22,26 $\pm$ 5,24	10,10 $\pm$ 3,14	21,89 $\pm$ 12,02	19,90 $\pm$ 6,35	18,78 $\pm$ 3,67	13,11
	g	16,45 $\pm$ 5,56	13,75 $\pm$ 3,99	14,07 $\pm$ 7,05	14,94 $\pm$ 4,65	19,49 $\pm$ 8,64	17,07 $\pm$ 3,41
6	f	0,21 $\pm$ 0,05	0,19 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,05	0,20 $\pm$ 0,04	0,18 $\pm$ 0,01	0,1238
	g	0,15 $\pm$ 0,05	0,14 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,06	0,16 $\pm$ 0,06	0,20 $\pm$ 0,06	0,15 $\pm$ 0,02

Pam.	P. 3.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Abl.								
1	a	7,29 $\pm$ 1,90	3,04 $\pm$ 0,76	2,20 $\pm$ 1,22	3,54 $\pm$ 0,51	2,87	2,33 $\pm$ 0,42	4,72 $\pm$ 0,59
	b	4,52 $\pm$ 1,18	3,97 $\pm$ 1,46	2,44 $\pm$ 0,76	2,76 $\pm$ 0,26	2,41 $\pm$ 0,83	2,49 $\pm$ 0,37	3,09 $\pm$ 1,39
	c	4,23 $\pm$ 0,41	4,27 $\pm$ 0,50	1,75 $\pm$ 0,59	3,58 $\pm$ 0,49	2,70 $\pm$ 1,41	1,47 $\pm$ 0,26	3,36 $\pm$ 1,05
	d	4,72 $\pm$ 1,50	1,68 $\pm$ 0,21	2,04 $\pm$ 0,98	2,23 $\pm$ 0,37	3,49 $\pm$ 1,48	1,82 $\pm$ 0,37	2,52 $\pm$ 1,96
	e	3,15 $\pm$ 2,55	1,9	1,25 $\pm$ 0,49	1,03 $\pm$ 0,19	1,03	2,23 $\pm$ 1,55	2,48 $\pm$ 1,05
	f	3,91 $\pm$ 2,01	2,35 $\pm$ 0,30	1,30 $\pm$ 0,11	1,78 $\pm$ 0,28	2,10	1,78 $\pm$ 0,38	3,20
	g	2,16 $\pm$ 0,61	1,30 $\pm$ 0,01	2,17 $\pm$ 0,38	2,50 $\pm$ 1,65	2,85 $\pm$ 1,20	1,25 $\pm$ 0,04	1,66 $\pm$ 0,00
2	f	1,77 $\pm$ 0,45	1,25	0,41 $\pm$ 0,42	1,10	-	-	1,00
	g	0,80 $\pm$ 0,31	0,37	0,77 $\pm$ 0,29	0,98 $\pm$ 0,64	0,81 $\pm$ 0,30	0,62 $\pm$ 0,04	0,63
3	a	0,20 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,10	0,16 $\pm$ 0,04	0,26	0,13 $\pm$ 0,002	0,14 $\pm$ 0,005
	b	0,18 $\pm$ 0,06	0,12 $\pm$ 0,005	0,19 $\pm$ 0,07	0,16 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,01	0,13 $\pm$ 0,002	0,15 $\pm$ 0,04
	c	0,17 $\pm$ 0,05	0,17 $\pm$ 0,000	0,18 $\pm$ 0,09	0,18 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,04	0,16 $\pm$ 0,05
	d	0,18 $\pm$ 0,07	0,18 $\pm$ 0,02	0,13 $\pm$ 0,02	0,14 $\pm$ 0,02	0,21 $\pm$ 0,04	0,14 $\pm$ 0,03	0,08 $\pm$ 0,03
4	f	0,10 $\pm$ 0,09	0,17 $\pm$ 0,02	0,12 $\pm$ 0,02	0,09 $\pm$ 0,01	0,21	0,16	0,08
	g	0,15 $\pm$ 0,06	0,15 $\pm$ 0,03	0,11 $\pm$ 0,07	0,14 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,07	0,11 $\pm$ 0,05	0,07 $\pm$ 0,04
5	f	30,55 $\pm$ 13,96	26,95 $\pm$ 1,49	23,2 $\pm$ 15,40	12,02 $\pm$ 6,50	17,2	17,80	31,2
	g	28,45 $\pm$ 16,97	14,17 $\pm$ 1,15	20,40 $\pm$ 6,73	21,42 $\pm$ 9,13	20,61 $\pm$ 10,45	23,7 $\pm$ 4,50	12,92 $\pm$ 2,80
6	f	0,23 $\pm$ 0,12	0,16 $\pm$ 0,01	0,11 $\pm$ 0,04	0,20 $\pm$ 0,06	0,19	0,13	0,1
	g	0,14 $\pm$ 0,04	0,13 $\pm$ 0,01	0,19 $\pm$ 0,07	0,15 $\pm$ 0,03	0,24 $\pm$ 0,07	0,11 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,04

P.G. Pam.	I	II	III	IV	V	VI
7a						
a	18,52±4,37	20,87±6,40	19,79±7,01	21,60±5,10	13,43±2,06	29,02±5,16
b	17,82±4,81	22,59±6,05	20,04±4,40	23,13±5,49	21,36±6,16	28,6±5,72
c	19,93±5,41	21,32±6,82	18,92±4,56	21,68±5,98	20,65±7,34	30,41±11,07
d	17,36±7,34	21,58±3,83	14,97±4,60	19,75±5,22	21,84±2,65	27,31±14,10
e	2,01±6,18	5,18±9,93	-3,71±1,35	0,29±0,82	-	-5,56±3,99
f	35,06±4,97	41,48±6,19	35,50±7,52	35,68±6,30	41,54±7,01	65,86
g	33,85±4,56	38,21±5,36	35,08±4,38	35,13±6,20	40,98±3,22	44,85±2,95
b						
a	43,26±4,69	48,75±12,57	41,79±6,21	39,20±6,89	45,66±5,27	62,73±14,67
b	42,52±6,42	55,07±11,41	43,02±2,86	40,04±6,89	46,47±5,96	62,19±15,32
c	46,03±8,49	55,37±6,93	44,50±8,89	41,38±11,46	43,30±9,94	54,32±16,46
d	40,95±6,79	56,02±15,70	43,69±11,10	42,14±13,63	42,17±9,87	54,29±15,41
e	39,57±7,82	33,35±7,84	15,19±6,09	22,76±10,40	-	14,24±9,52
f	13,34±1,87	17,78±3,75	16,71±5,52	12,93±6,27	16,26±3,78	38,36
g	13,18±1,98	19,02±3,74	16,31±4,20	16,22±5,45	13,33±6,12	23,69±2,18
8a						
a1	109,1±49,2	74,2±45,8	94,6±45,9	78,0±44,3	114,1±28,8	38,2±25,3
a2	288,0±117,7	187,8±117,4	220,9±101,9	195,6±121,5	317,1±88,3	96,2±59,9
a3	301,5±122,0	189,3±110,5	225,1±112,3	203,1±118,5	341,0±59,9	97,1±69,4
a4	121,5±56,7	87,9±48,8	101,7±53,4	98,5±47,7	116,2±39,2	48,8±43,2
a	820,2±86,4	539,3±80,7	642,3±78,4	575,3±83,0	888,3±54,1	280,4±43,2

P. 3.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Pam. Abl.							
7a							
a	20, 8 $\pm$ 5, 73	23, 63 $\pm$ 3, 11	24, 95 $\pm$ 9, 02	26, 00 $\pm$ 3, 92	25, 98	20, 46 $\pm$ 5, 17	14, 55 $\pm$ 6, 16
b	20, 65 $\pm$ 7, 31	24, 86 $\pm$ 3, 03	23, 41 $\pm$ 6, 00	25, 85 $\pm$ 7, 04	29, 96 $\pm$ 9, 05	18, 02 $\pm$ 9, 46	17, 35 $\pm$ 6, 95
c	20, 11 $\pm$ 3, 16	20, 48 $\pm$ 1, 68	22, 60 $\pm$ 8, 69	32, 16 $\pm$ 16, 53	29, 06 $\pm$ 9, 04	23, 93 $\pm$ 2, 89	18, 19 $\pm$ 8, 25
d	22, 26 $\pm$ 12, 82	21, 97 $\pm$ 0, 76	16, 54 $\pm$ 7, 36	33, 48 $\pm$ 15, 61	23, 91 $\pm$ 9, 90	22, 95 $\pm$ 4, 28	9, 58 $\pm$ 1, 29
e	12, 74 $\pm$ 3, 17	19, 42	0, 61 $\pm$ 0, 86	0, 51 $\pm$ 10, 41	18, 92 $\pm$ 10, 52	4, 65 $\pm$ 2, 81	0, 54 $\pm$ 10, 37
f	40, 67 $\pm$ 17, 66	40, 89 $\pm$ 1, 97	33, 27 $\pm$ 13, 58	48, 22 $\pm$ 6, 39	60, 00	40, 62	28, 70
g	36, 31 $\pm$ 18, 97	35, 84 $\pm$ 8, 97	40, 04 $\pm$ 14, 07	47, 18 $\pm$ 12, 71	51, 23 $\pm$ 15, 62	38, 22 $\pm$ 4, 33	29, 11 $\pm$ 4, 48
7b							
a	41, 95 $\pm$ 17, 08	41, 44 $\pm$ 7, 18	47, 21 $\pm$ 4, 35	52, 72 $\pm$ 15, 54	42, 90	50, 12 $\pm$ 10, 10	35, 72 $\pm$ 1, 94
b	49, 08 $\pm$ 14, 86	50, 27 $\pm$ 8, 46	46, 51 $\pm$ 4, 50	65, 97 $\pm$ 36, 50	51, 22 $\pm$ 14, 33	49, 59 $\pm$ 9, 91	33, 15 $\pm$ 3, 23
c	44, 02 $\pm$ 14, 56	46, 11 $\pm$ 9, 64	50, 04 $\pm$ 4, 09	68, 42 $\pm$ 33, 93	49, 71 $\pm$ 11, 34	48, 98 $\pm$ 7, 94	32, 73 $\pm$ 2, 38
d	51, 24 $\pm$ 9, 15	40, 54 $\pm$ 6, 31	51, 30 $\pm$ 6, 41	68, 52 $\pm$ 35, 73	47, 22 $\pm$ 14, 22	49, 39 $\pm$ 10, 18	29, 37 $\pm$ 2, 46
e	54, 43 $\pm$ 3, 04	37, 75	24, 55 $\pm$ 6, 10	40, 92 $\pm$ 23, 97	43, 50 $\pm$ 20, 51	45, 49 $\pm$ 7, 82	24, 89 $\pm$ 13, 81
f	15, 98 $\pm$ 11, 03	19, 89 $\pm$ 0, 59	15, 73 $\pm$ 4, 50	14, 76 $\pm$ 9, 28	26, 64	16, 41	8, 02
g	17, 87 $\pm$ 10, 68	19, 14 $\pm$ 3, 42	12, 40 $\pm$ 1, 19	23, 62 $\pm$ 6, 64	24, 07 $\pm$ 13, 53	20, 11 $\pm$ 3, 58	9, 38 $\pm$ 5, 11
8a							
a1	253, 1 $\pm$ 124, 1	77, 3 $\pm$ 7, 3	68, 0 $\pm$ 55, 2	76, 6 $\pm$ 75, 4	104, 0	61, 1 $\pm$ 23, 4	112, 2 $\pm$ 21, 4
a2	479, 6 $\pm$ 176, 5	203, 6 $\pm$ 61, 0	130, 1 $\pm$ 4, 3	151, 1 $\pm$ 10, 1	191, 3	154, 2 $\pm$ 45, 7	286, 9 $\pm$ 48, 4
a3	487, 3 $\pm$ 119, 0	193, 2 $\pm$ 7, 9	126, 1 $\pm$ 91, 3	136, 2 $\pm$ 79, 3	173, 5	178, 6 $\pm$ 26, 0	317, 9 $\pm$ 12, 5
a4	245, 5 $\pm$ 64, 4	80, 0 $\pm$ 16, 4	38, 9 $\pm$ 10, 0	120, 9 $\pm$ 73, 7	115, 0	76, 3 $\pm$ 4, 2	167, 6 $\pm$ 35, 5
a	1465, 4 $\pm$ 121, 3	566, 1 $\pm$ 38, 3	363, 2 $\pm$ 11, 3	589, 6 $\pm$ 68, 7	593, 1	470, 6 $\pm$ 24, 5	884, 2 $\pm$ 28, 7

P.G. Pam.	I	II	III	IV	V	VI
8a						
b1	74, 2+32, 8	48, 9+34, 4	63, 0+34, 0	51, 2+15, 7	71, 3+24, 9	34, 1+8, 1
b2	247, 5+112, 7	128, 7+84, 4	167, 3+86, 9	135, 2+39, 5	203, 1+76, 4	96, 0+37, 7
b3	295, 7+129, 5	146, 6+74, 0	202, 0+105, 3	156, 3+35, 3	260, 5+79, 3	102, 3+50, 1
b4	137, 8+67, 2	65, 6+43, 4	92, 3+39, 3	80, 8+22, 5	101, 9+18, 0	50, 0+34, 0
<u>b</u>	755, 3+85, 5	389, 9+59, 1	524, 6+75, 4	423, 5+28, 2	636, 9+49, 7	282, 4+32, 5
c1	57, 4+14, 8	45, 8+28, 3	52, 2+28, 3	58, 2+26, 9	40, 1+13, 7	29, 2+21, 4
c2	171, 6+50, 7	145, 6+78, 4	143, 7+49, 2	147, 6+60, 8	175, 7+40, 5	81, 4+12, 1
c3	242, 7+74, 1	145, 8+90, 4	190, 5+50, 8	169, 5+64, 7	263, 2+68, 4	124, 1+48, 4
c4	103, 4+50, 8	47, 8+41, 1	84, 5+32, 2	72, 0+34, 6	114, 6+34, 0	64, 0+31, 6
<u>c</u>	575, 2+47, 7	385, 0+59, 6	468, 4+40, 2	447, 2+46, 8	593, 5+39, 2	298, 7+35, 9
d1	60, 7+21, 9	33, 9+24, 8	63, 2+28, 2	56, 7+20, 0	45, 9+9, 2	45, 0+16, 9
d2	194, 9+47, 3	136, 6+86, 6	185, 4+52, 2	189, 1+84, 0	165, 3+3, 7	116, 3+38, 6
d3	264, 9+38, 6	166, 2+78, 8	168, 6+52, 4	244, 6+101, 8	218, 9+26, 2	166, 1+90, 3
d4	122, 7+18, 7	70, 2+36, 8	88, 1+48, 6	108, 5+62, 5	112, 6+28, 2	81, 3+60, 7
<u>d</u>	643, 3+31, 6	406, 8+56, 8	505, 4+45, 4	598, 8+67, 0	542, 7+16, 8	408, 7+51, 6
e1	41, 7+24, 9	30, 3+15, 7	41, 2+17, 4	47, 0+20, 7	45, 7+41, 4	29, 0+12, 4
e2	119, 0+100, 4	72, 0+46, 3	119, 1+46, 3	111, 0+69, 3	146, 4+87, 5	58, 9+23, 3
e3	149, 9+109, 1	91, 9+43, 5	109, 8+34, 6	119, 8+63, 5	175, 2+89, 8	81, 2+34, 1
e4	46, 9+22, 4	31, 0+9, 5	55, 6+15, 2	60, 3+25, 8	75, 2+89, 8	45, 8+22, 3
<u>e</u>	357, 5+64, 2	225, 2+28, 7	327, 0+28, 7	338, 2+44, 9	442, 5+54, 1	214, 9+23, 0

P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Par.	Abl.						
b1	96, 4+36, 2	72, 8+25, 0	62, 1+27, 2	65, 3+3, 2	64, 6+30, 5	63, 5+25, 3	50, 6+30, 7
b2	252, 4+101, 9	276, 2+111, 0	151, 1+38, 4	189, 2+16, 1	114, 6+83, 8	143, 9+37, 7	154, 8+165, 3
b3	302, 9+89, 4	291, 4+116, 7	142, 4+54, 9	150, 9+55, 8	153, 8+50, 8	171, 6+16, 1	180, 5+148, 1
b4	149, 4+21, 7	115, 0+15, 2	67, 2+32, 9	64, 6+44, 0	96, 7+38, 1	77, 1+10, 0	120, 0+22, 6
b	801, 1+62, 3	754, 4+93, 0	422, 4+38, 3	470, 0+29, 7	429, 7+50, 8	456, 2+22, 3	505, 9+90, 7
c1	61, 5+33, 4	90, 0+15, 0	44, 8+26, 9	67, 5+10, 5	76, 3+74, 7	31, 5+12, 8	49, 8+12, 5
c2	203, 9+79, 5	290, 5+181, 6	101, 9+31, 6	213, 0+14, 9	169, 0+107, 5	84, 4+30, 5	183, 9+9, 6
c3	276, 5+70, 9	206, 6+22, 1	104, 3+24, 2	220, 2+2, 2	139, 0+124, 7	93, 6+25, 4	207, 8+92, 1
c4	135, 5+22, 6	135, 4+17, 9	104, 8+7, 3	73, 1+37, 1	64, 0+65, 5	31, 4+28, 8	108, 4+43, 2
c	672, 3+51, 6	822, 7+124, 7	232, 6+23, 1	573, 9+17, 7	447, 2+93, 1	240, 8+24, 4	549, 9+61, 6
d1	90, 2+75, 5	33, 3+72, 0	47, 2+44, 4	30, 7+1, 6	86, 2+63, 0	30, 2+18, 7	38, 1+17, 1
d2	239, 7+126, 1	67, 5+50, 8	107, 5+51, 7	116, 6+11, 1	142, 9+122, 5	93, 1+51, 7	132, 7+103, 3
d3	297, 2+84, 9	107, 9+20, 2	122, 4+40, 1	137, 1+7, 6	227, 1+162, 2	110, 4+20, 6	181, 7+156, 1
d4	117, 5+31, 0	49, 4+10, 4	48, 4+40, 1	46, 3+26, 7	111, 9+36, 2	36, 4+2, 3	99, 1+87, 5
d	745, 2+79, 4	273, 4+24, 5	325, 5+74, 3	339, 7+11, 8	618, 2+80, 9	270, 1+23, 4	451, 6+91, 1
e1	57, 3+32, 5	80, 4	35, 9+15, 6	31, 1+28, 8	46, 5+24, 7	35, 7+2, 1	58, 7+7, 7
e2	130, 6+142, 8	99, 7	68, 9+44, 2	36, 9+20, 0	126, 2+88, 7	77, 8+52, 5	118, 2+35, 8
e3	187, 9+187, 2	67, 5	71, 1+40, 3	52, 2+11, 1	130, 3+112, 4	132, 2+83, 2	149, 5+50, 0
e4	119, 9+89, 9	64, 2	41, 1+3, 9	19, 5+6, 3	72, 9+71, 6	73, 0+55, 5	72, 3+56, 7
e	495, 8+113, 1	311, 0	217, 0+26, 2	123, 4+16, 6	375, 5+74, 4	312, 6+40, 4	393, 8+37, 6

Pam.	P.G.	I	II	III	IV	V	VI
	AbI.						
8a	f1	85, 1 $\pm$ 10, 9	43, 1 $\pm$ 19, 6	72, 2 $\pm$ 41, 4	69, 2 $\pm$ 23, 8	50, 0 $\pm$ 17, 4	20, 0
	f2	109, 0 $\pm$ 11, 8	68, 0 $\pm$ 20, 5	124, 9 $\pm$ 53, 9	127, 9 $\pm$ 43, 1	129, 0 $\pm$ 43, 0	10, 1
	f3	52, 2 $\pm$ 14, 8	44, 1 $\pm$ 12, 4	68, 2 $\pm$ 25, 9	63, 9 $\pm$ 25, 7	78, 3 $\pm$ 33, 9	44, 6
	f4	23, 8 $\pm$ 4, 7	15, 4 $\pm$ 0, 8	25, 6 $\pm$ 7, 7	30, 0 $\pm$ 7, 7	30, 9 $\pm$ 16, 8	14, 9
	f	270, 1 $\pm$ 10, 5	170, 7 $\pm$ 13, 3	290, 9 $\pm$ 31, 6	290, 9 $\pm$ 25, 0	298, 1 $\pm$ 27, 8	141, 5
	g1	58, 9 $\pm$ 16, 7	25, 2 $\pm$ 11, 5	36, 4 $\pm$ 25, 9	32, 8 $\pm$ 18, 6	61, 3 $\pm$ 17, 8	24, 6 $\pm$ 20, 1
	g2	79, 9 $\pm$ 10, 4	69, 4 $\pm$ 32, 9	82, 7 $\pm$ 26, 2	111, 7 $\pm$ 79, 9	102, 1 $\pm$ 10, 0	85, 9 $\pm$ 27, 9
	g3	39, 2 $\pm$ 4, 7	36, 4 $\pm$ 15, 4	45, 8 $\pm$ 13, 4	56, 8 $\pm$ 36, 8	47, 9 $\pm$ 19, 1	43, 6 $\pm$ 17, 2
	g4	13, 0 $\pm$ 3, 8	13, 0 $\pm$ 4, 7	15, 6 $\pm$ 3, 9	18, 2 $\pm$ 11, 1	15, 3 $\pm$ 7, 0	12, 0 $\pm$ 5, 8
	g	191, 1 $\pm$ 8, 8	144, 0 $\pm$ 16, 2	180, 7 $\pm$ 17, 3	219, 4 $\pm$ 36, 7	226, 6 $\pm$ 13, 5	165, 5 $\pm$ 17, 8
8b	a1	288, 2 $\pm$ 121, 8	187, 4 $\pm$ 107, 0	197, 0 $\pm$ 101, 7	175, 5 $\pm$ 109, 8	322, 6 $\pm$ 59, 1	102, 2 $\pm$ 61, 3
	a2	106, 6 $\pm$ 85, 2	68, 8 $\pm$ 31, 8	55, 5 $\pm$ 20, 1	64, 0 $\pm$ 35, 7	101, 6 $\pm$ 43, 8	64, 6 $\pm$ 31, 0
	a3	154, 0 $\pm$ 97, 0	100, 0 $\pm$ 74, 6	145, 8 $\pm$ 83, 7	125, 2 $\pm$ 86, 1	157, 6 $\pm$ 77, 4	34, 0 $\pm$ 21, 1
	a4	285, 1 $\pm$ 143, 0	200, 3 $\pm$ 140, 1	229, 0 $\pm$ 105, 5	205, 5 $\pm$ 138, 4	330, 8 $\pm$ 96, 1	73, 7 $\pm$ 67, 4
	a	833, 9 $\pm$ 111, 8	556, 6 $\pm$ 89, 9	627, 4 $\pm$ 77, 8	570, 2 $\pm$ 92, 4	912, 6 $\pm$ 69, 0	274, 6 $\pm$ 45, 3
	b1	283, 8 $\pm$ 135, 7	155, 4 $\pm$ 79, 2	184, 0 $\pm$ 80, 8	133, 3 $\pm$ 37, 6	247, 6 $\pm$ 76, 6	108, 8 $\pm$ 45, 9
	b2	107, 0 $\pm$ 97, 0	69, 9 $\pm$ 40, 2	49, 7 $\pm$ 25, 5	52, 6 $\pm$ 30, 6	92, 4 $\pm$ 68, 3	73, 0 $\pm$ 40, 5
	b3	118, 0 $\pm$ 70, 9	44, 9 $\pm$ 32, 0	83, 0 $\pm$ 51, 5	81, 7 $\pm$ 37, 4	82, 5 $\pm$ 33, 3	36, 2 $\pm$ 14, 2
	b4	256, 7 $\pm$ 134, 3	130, 1 $\pm$ 99, 9	181, 2 $\pm$ 79, 5	147, 3 $\pm$ 37, 7	209, 0 $\pm$ 78, 4	67, 7 $\pm$ 39, 5
	b	765, 5 $\pm$ 109, 3	400, 4 $\pm$ 62, 9	497, 9 $\pm$ 59, 3	414, 9 $\pm$ 35, 8	631, 6 $\pm$ 64, 1	285, 6 $\pm$ 35, 0

Pam.	P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
	ADL.							
8a	a1	64, 7 $\pm$ 36, 8	55, 9 $\pm$ 60, 6	56, 1 $\pm$ 22, 5	53, 6 $\pm$ 24, 4	20, 4	55, 0	142, 4
	a2	102, 6 $\pm$ 16, 6	92, 1 $\pm$ 38, 4	77, 6 $\pm$ 24	156, 3 $\pm$ 81, 1	93, 7	66, 8	157, 2
	a3	155, 9 $\pm$ 147, 1	48, 8 $\pm$ 32, 2	47, 0 $\pm$ 16, 7	225, 2 $\pm$ 266, 1	106, 7	23, 8	43, 9
	a4	48, 9 $\pm$ 41, 7	18, 3 $\pm$ 16, 3	23, 1 $\pm$ 14, 4	61, 6 $\pm$ 51, 6	42, 0	11, 4	35, 3
	f	432, 1 $\pm$ 60, 6	218, 2 $\pm$ 38, 4	204, 0 $\pm$ 14, 0	496, 8 $\pm$ 105, 9	262, 9	156, 9	378, 8
	g	69, 5 $\pm$ 74, 1	41, 9 $\pm$ 27, 7	60, 3 $\pm$ 7, 6	26, 3 $\pm$ 18, 2	94, 3 $\pm$ 41, 4	51, 3 $\pm$ 14, 0	23, 6 $\pm$ 18, 6
8b	a1	115, 2 $\pm$ 20, 3	62, 7 $\pm$ 13, 9	135, 6 $\pm$ 41, 6	124, 6 $\pm$ 72, 3	170, 0 $\pm$ 2, 3	68, 8 $\pm$ 25, 7	82, 7 $\pm$ 0, 4
	a2	51, 8 $\pm$ 22, 8	40, 0 $\pm$ 13, 6	50, 2 $\pm$ 7, 7	127, 5 $\pm$ 127, 9	65, 6 $\pm$ 15, 4	39, 6 $\pm$ 7, 8	41, 0 $\pm$ 20, 0
	a3	14, 9 $\pm$ 4, 6	19, 0 $\pm$ 15, 4	15, 9 $\pm$ 3, 9	40, 8 $\pm$ 46, 0	12, 0 $\pm$ 5, 7	13, 3 $\pm$ 0, 5	10, 1 $\pm$ 0, 2
	a4	11, 7 $\pm$ 30, 5	167, 5 $\pm$ 20, 6	270, 0 $\pm$ 16, 4	319, 2 $\pm$ 66, 1	342, 0 $\pm$ 36, 2	173, 0 $\pm$ 12, 0	157, 5 $\pm$ 9, 9
	g	351, 2 $\pm$ 152, 3	203, 6 $\pm$ 62, 9	113, 5 $\pm$ 83, 2	137, 9 $\pm$ 58, 9	170, 9	169, 5 $\pm$ 19, 2	269, 1 $\pm$ 36, 5
	a2	244, 7 $\pm$ 157, 3	87, 6 $\pm$ 67, 9	30, 3 $\pm$ 11, 3	129, 4 $\pm$ 97, 8	69, 4	55, 1 $\pm$ 22, 4	73, 9 $\pm$ 4, 0
8c	a3	264, 4 $\pm$ 187, 6	82, 3 $\pm$ 37, 4	14, 5 $\pm$ 53, 1	82, 7 $\pm$ 96, 6	146, 8	75, 4 $\pm$ 3, 3	231, 2 $\pm$ 101, 2
	a4	464, 3 $\pm$ 144, 2	142, 7 $\pm$ 50, 8	130, 0 $\pm$ 78, 2	127, 9 $\pm$ 132, 3	195, 6	162, 5 $\pm$ 31, 6	304, 5 $\pm$ 44, 4
	f	1424, 7 $\pm$ 160, 4	573, 3 $\pm$ 54, 5	354, 4 $\pm$ 56, 4	537, 9 $\pm$ 86, 4	582, 8	462, 6 $\pm$ 10, 1	878, 7 $\pm$ 40, 5
	b1	283, 6 $\pm$ 115, 5	274, 1 $\pm$ 120, 1	134, 2 $\pm$ 57, 3	147, 7 $\pm$ 24, 9	129, 4 $\pm$ 61, 7	161, 4 $\pm$ 6, 2	159, 7 $\pm$ 51, 1
	b2	170, 2 $\pm$ 134, 4	126, 2 $\pm$ 109, 8	40, 3 $\pm$ 2, 9	111, 2 $\pm$ 103, 6	88, 5 $\pm$ 38, 9	58, 0 $\pm$ 29, 2	42, 6 $\pm$ 6, 2
	b3	94, 1 $\pm$ 35, 7	75, 4 $\pm$ 24, 0	95, 5 $\pm$ 24, 2	81, 1 $\pm$ 9, 9	86, 6 $\pm$ 79, 7	73, 7 $\pm$ 8, 6	122, 8 $\pm$ 148, 0
8d	a4	254, 7 $\pm$ 49, 6	267, 9 $\pm$ 103, 7	153, 7 $\pm$ 53, 0	104, 3 $\pm$ 119, 6	132, 5 $\pm$ 107, 9	151, 9 $\pm$ 25, 5	169, 3 $\pm$ 160, 1
	b	807, 6 $\pm$ 83, 8	743, 5 $\pm$ 84, 4	423, 7 $\pm$ 34, 5	444, 3 $\pm$ 64, 5	437, 1 $\pm$ 70, 6	445, 1 $\pm$ 17, 4	494, 5 $\pm$ 91, 3

P.G. Рем.	I	II	III	IV	V	VI
8b						
c1	225,9 $\pm$ 51,7	165,0 $\pm$ 84,4	181,2 $\pm$ 42,6	143,8 $\pm$ 50,6	243,4 $\pm$ 40,8	114,3 $\pm$ 57,0
c2	97,0 $\pm$ 99,3	78,8 $\pm$ 40,1	47,5 $\pm$ 25,4	58,7 $\pm$ 19,9	77,1 $\pm$ 63,1	64,1 $\pm$ 25,5
c3	88,5 $\pm$ 66,6	32,2 $\pm$ 22,0	63,9 $\pm$ 36,3	84,6 $\pm$ 66,8	72,6 $\pm$ 63,5	45,1 $\pm$ 25,8
c4	182,9 $\pm$ 84,4	102,7 $\pm$ 100,7	160,0 $\pm$ 45,4	133,9 $\pm$ 77,0	194,9 $\pm$ 81,7	78,5 $\pm$ 59,7
c	594,3 $\pm$ 75,5	378,8 $\pm$ 61,8	452,6 $\pm$ 37,4	421,0 $\pm$ 53,6	588,1 $\pm$ 62,3	302,1 $\pm$ 42,0
d1	246,6 $\pm$ 31,1	173,3 $\pm$ 82,1	195,6 $\pm$ 87,5	202,0 $\pm$ 94,7	210,8 $\pm$ 54,1	162,3 $\pm$ 101,0
d2	91,2 $\pm$ 92,4	101,0 $\pm$ 77,4	73,2 $\pm$ 97,1	61,5 $\pm$ 31,6	63,2 $\pm$ 42,2	69,9 $\pm$ 50,5
d3	110,5 $\pm$ 79,7	41,0 $\pm$ 21,9	74,2 $\pm$ 47,4	119,6 $\pm$ 81,8	81,4 $\pm$ 47,7	61,3 $\pm$ 28,3
d4	210,3 $\pm$ 57,3	91,4 $\pm$ 80,6	162,8 $\pm$ 68,7	207,4 $\pm$ 115,2	179,0 $\pm$ 25,9	111,0 $\pm$ 60,2
d	658,7 $\pm$ 65,1	406,7 $\pm$ 65,5	505,9 $\pm$ 60,2	590,5 $\pm$ 80,8	534,5 $\pm$ 37,6	404,6 $\pm$ 60,1
e1	91,7 $\pm$ 51,7	63,2 $\pm$ 43,0	77,8 $\pm$ 66,0	71,1 $\pm$ 41,0	128,2 $\pm$ 19,7	35,4 $\pm$ 12,3
e2	20,1 $\pm$ 8,5	27,3 $\pm$ 31,6	48,2 $\pm$ 30,6	63,9 $\pm$ 42,6	25,9 $\pm$ 17,6	37,4 $\pm$ 18,8
e3	93,0 $\pm$ 78,2	50,6 $\pm$ 28,6	84,1 $\pm$ 36,8	90,7 $\pm$ 64,6	109,6 $\pm$ 103,7	69,6 $\pm$ 33,9
e4	160,4 $\pm$ 116,3	76,8 $\pm$ 53,7	90,8 $\pm$ 30,6	111,7 $\pm$ 66,6	158,3 $\pm$ 90,2	82,7 $\pm$ 32,2
e	365,1 $\pm$ 63,7	217,9 $\pm$ 39,2	300,9 $\pm$ 41,0	337,3 $\pm$ 53,7	422,2 $\pm$ 57,8	225,1 $\pm$ 24,3
f1	27,9 $\pm$ 12,9	11,4 $\pm$ 3,4	34,6 $\pm$ 33,8	38,9 $\pm$ 21,6	30,9 $\pm$ 29,5	38,6
f2	128,6 $\pm$ 6,8	65,8 $\pm$ 18,6	120,6 $\pm$ 46,9	132,8 $\pm$ 44,4	131,0 $\pm$ 56,1	11,0
f3	73,3 $\pm$ 14,5	51,2 $\pm$ 15,3	89,5 $\pm$ 51,1	79,3 $\pm$ 29,7	85,2 $\pm$ 23,8	61,8
f4	39,7 $\pm$ 14,9	31,4 $\pm$ 5,6	44,1 $\pm$ 28,7	42,1 $\pm$ 14,9	41,7 $\pm$ 11,8	40,6
f	269,6 $\pm$ 12,3	159,7 $\pm$ 10,7	289,0 $\pm$ 40,1	293,2 $\pm$ 27,7	288,9 $\pm$ 30,3	152,0

P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Ab1.							
e1	267, 7 $\pm$ 15, 8	267, 7 $\pm$ 18, 8	102, 5 $\pm$ 40, 5	191, 3 $\pm$ 9, 1	128, 4 $\pm$ 108, 9	94, 5 $\pm$ 16, 1	163, 6 $\pm$ 19, 3
e2	127, 7 $\pm$ 124, 1	129, 6 $\pm$ 137, 5	37, 7 $\pm$ 10, 9	156, 6 $\pm$ 142, 0	71, 4 $\pm$ 22, 5	42, 9 $\pm$ 3, 7	66, 3 $\pm$ 17, 4
e3	60, 8 $\pm$ 32, 2	102, 3 $\pm$ 39, 2	42, 9 $\pm$ 14, 8	137, 1 $\pm$ 40, 1	107, 0 $\pm$ 118, 2	33, 9 $\pm$ 15, 2	122, 2 $\pm$ 116, 6
e4	198, 3 $\pm$ 27, 6	282, 9 $\pm$ 174, 5	100, 5 $\pm$ 18, 3	164, 3 $\pm$ 119, 6	129, 8 $\pm$ 168, 5	86, 4 $\pm$ 29, 0	191, 6 $\pm$ 132, 9
e	655, 6 $\pm$ 64, 9	802, 2 $\pm$ 141, 4	283, 9 $\pm$ 21, 1	553, 3 $\pm$ 90, 2	442, 5 $\pm$ 104, 6	262, 7 $\pm$ 17, 2	543, 7 $\pm$ 80, 6
d1	293, 8 $\pm$ 128, 1	94, 6 $\pm$ 9, 0	132, 3 $\pm$ 54, 6	86, 3 $\pm$ 57, 8	192, 1 $\pm$ 74, 6	106, 9 $\pm$ 12, 5	118, 1 $\pm$ 17, 5
d2	155, 0 $\pm$ 117, 6	27, 1 $\pm$ 1, 8	44, 3 $\pm$ 9, 0	23, 9 $\pm$ 81, 3	91, 6 $\pm$ 49, 3	24, 5 $\pm$ 2, 7	33, 6 $\pm$ 24, 8
d3	70, 9 $\pm$ 36, 3	57, 3 $\pm$ 38, 6	35, 4 $\pm$ 24, 8	67, 9 $\pm$ 32, 0	120, 5 $\pm$ 138, 1	31, 1 $\pm$ 16, 7	129, 5 $\pm$ 106, 2
d4	221, 0 $\pm$ 9, 0	93, 2 $\pm$ 42, 2	19, 7 $\pm$ 35, 0	96, 7 $\pm$ 59, 4	182, 1 $\pm$ 135, 4	96, 3 $\pm$ 50, 6	177, 6 $\pm$ 150, 7
d	741, 7 $\pm$ 91, 8	272, 2 $\pm$ 27, 9	311, 6 $\pm$ 30, 7	305, 3 $\pm$ 57, 7	586, 3 $\pm$ 99, 4	263, 7 $\pm$ 18, 4	458, 8 $\pm$ 92, 3
e1	188, 5 $\pm$ 188, 2	96, 4	59, 7 $\pm$ 36, 0	42, 7 $\pm$ 22, 9	106, 9 $\pm$ 77, 0	106, 2 $\pm$ 51, 7	62, 4 $\pm$ 17, 6
e2	81, 8 $\pm$ 45, 7	44, 3	33, 5 $\pm$ 19, 6	33, 5 $\pm$ 14, 5	33, 3 $\pm$ 11, 8	25, 5 $\pm$ 3, 9	62, 7 $\pm$ 60, 1
e3	64, 2 $\pm$ 65, 5	17, 3	54, 8 $\pm$ 37, 8	17, 8 $\pm$ 17, 6	92, 8 $\pm$ 113, 1	69, 0 $\pm$ 45, 0	117, 5 $\pm$ 46, 2
e4	169, 5 $\pm$ 153, 0	49, 8	73, 9 $\pm$ 37, 5	45, 2 $\pm$ 4, 2	142, 1 $\pm$ 103, 6	103, 4 $\pm$ 72, 2	144, 4 $\pm$ 45, 3
e	504, 4 $\pm$ 113, 1	313, 8	221, 6 $\pm$ 40, 2	123, 6 $\pm$ 19, 9	379, 1 $\pm$ 76, 4	304, 3 $\pm$ 43, 2	387, 1 $\pm$ 42, 2
f1	69, 9 $\pm$ 42, 5	12, 0 $\pm$ 8, 9	23, 1 $\pm$ 27, 1	78, 8 $\pm$ 90, 5	19, 5	14, 5	84, 4
f2	195, 4 $\pm$ 145, 6	109, 3 $\pm$ 61, 2	74, 7 $\pm$ 8, 9	247, 3 $\pm$ 34, 6	48, 7	93, 2	193, 9
f3	119, 6 $\pm$ 65, 3	66, 2 $\pm$ 49, 7	62, 1 $\pm$ 0, 1	132, 8 $\pm$ 75, 9	132, 7	45, 8	62, 0
f4	44, 6 $\pm$ 50, 3	36, 3 $\pm$ 39, 2	39, 3 $\pm$ 20, 4	47, 8 $\pm$ 1, 8	49, 3	11, 2	41, 9
f	429, 6 $\pm$ 76, 6	220, 4 $\pm$ 39, 7	199, 3 $\pm$ 13, 0	486, 1 $\pm$ 100, 7	250, 2	174, 1	382, 1

P.G.	I	II	III	IV	V	VI
Pam.						
Abl.						
8b	g1 27, 1+16, 7	12, 1+4, 2	21, 7+12, 8	25, 4+16, 6	15, 7+2, 4	7, 1+2, 4
	g2 90, 5+9, 7	70, 2+31, 7	90, 5+30, 3	111, 5+75, 6	114, 6+15, 3	72, 2+24, 4
	g3 52, 1+3, 0	45, 3+15, 4	45, 0+12, 5	63, 4+45, 8	65, 8+19, 7	65, 5+15, 4
	g4 22, 6+5, 9	16, 7+8, 1	20, 0+7, 2	23, 8+15, 4	28, 7+27, 8	19, 2+4, 8
	g 192, 4+8, 8	144, 3+14, 9	177, 3+15, 7	224, 1+38, 3	224, 7+16, 3	164, 0+12, 9
9a	a1 13, 22+1, 82	13, 87+2, 14	15, 03+3, 00	13, 50+3, 08	12, 72+3, 07	14, 39+1, 68
	a2 35, 47+2, 21	34, 18+3, 99	34, 78+2, 19	33, 11+2, 26	34, 71+4, 54	35, 90+5, 98
	a3 36, 76+2, 34	35, 27+1, 28	34, 27+5, 22	35, 12+2, 21	37, 85+4, 88	34, 15+2, 20
	a4 14, 55+2, 07	16, 68+6, 42	15, 91+3, 22	18, 12+3, 00	14, 72+3, 61	15, 58+4, 90
	b1 10, 00+1, 58	12, 67+3, 38	12, 62+4, 38	12, 28+3, 29	11, 05+1, 35	13, 28+3, 80
	b2 32, 61+2, 35	32, 62+3, 48	31, 69+4, 40	31, 45+5, 23	31, 53+6, 38	34, 87+5, 36
	b3 39, 15+1, 10	38, 92+4, 20	39, 01+5, 54	36, 93+3, 02	40, 64+5, 37	35, 21+3, 46
	b4 18, 23+1, 62	15, 80+5, 30	19, 34+6, 05	19, 34+4, 37	16, 77+5, 23	16, 65+5, 40
	c1 10, 41+2, 99	12, 58+6, 27	10, 98+4, 21	13, 49+5, 38	6, 71+1, 63	8, 75+3, 14
	c2 29, 95+0, 69	37, 63+7, 96	30, 01+4, 50	32, 73+4, 35	29, 68+2, 17	27, 07+4, 70
	c3 42, 34+2, 94	37, 23+2, 34	40, 56+3, 64	37, 89+5, 38	44, 27+4, 45	42, 73+4, 28
	c4 17, 30+4, 71	12, 51+6, 68	18, 45+6, 18	15, 89+4, 42	19, 33+1, 02	21, 40+5, 99
	d1 9, 23+2, 36	8, 67+3, 39	12, 51+3, 79	10, 02+3, 81	8, 38+1, 15	12, 23+4, 18
	d2 30, 17+3, 23	31, 49+8, 05	31, 82+7, 01	31, 38+3, 28	30, 58+1, 92	31, 11+8, 39
	d3 41, 46+4, 29	41, 63+2, 46	37, 33+4, 34	41, 21+1, 46	40, 45+4, 49	38, 74+6, 65
	d4 19, 34+3, 10	18, 22+6, 08	18, 34+7, 02	17, 39+4, 33	20, 59+3, 89	17, 93+7, 33

P.G. Pam.	I	II	III	IV	V	VI
Abl.						
9a						
e1	12,02±3,71	13,70±4,77	12,78±3,55	14,80±7,41	12,24±4,07	11,14±4,06
e2	29,61±10,63	29,88±7,40	36,07±7,33	30,96±6,31	32,74±1,05	27,11±5,32
e3	42,63±3,95	41,37±4,96	33,73±7,40	35,88±7,02	40,21±2,74	37,75±3,13
e4	15,74±9,64	15,05±4,81	18,02±5,52	18,34±4,14	17,79±2,36	20,12±4,11
11	31,75±5,96	20,94±8,19	24,07±5,39	24,20±6,95	19,22±11,36	23,33
12	40,46±4,21	42,55±6,30	41,89±5,07	43,18±4,73	44,19±3,95	34,96
13	13,13±4,24	27,49±3,44	24,14±3,73	22,17±4,39	26,34±5,58	30,99
14	8,65±1,31	11,56±2,31	9,32±2,20	10,44±1,63	10,25±2,97	10,69
g1	30,52±5,57	18,29±10,68	19,40±10,28	15,50±6,61	27,00±5,86	16,74±16,59
g2	42,10±5,59	46,66±7,88	43,90±5,76	49,55±7,69	45,99±6,13	50,90±9,01
g3	20,60±0,77	24,63±8,36	27,73±8,73	26,21±6,99	20,48±4,01	25,77±6,32
g4	6,78±1,23	9,82±3,95	9,35±3,44	8,72±3,07	6,54±1,73	6,99±2,03
gb						
a1	32,67±1,49	35,38±4,30	30,50±4,65	27,43±12,39	36,44±5,28	38,12±3,20
a2	7,78±2,41	14,69±7,75	10,15±5,37	11,45±4,40	11,38±5,56	27,05±8,48
a3	22,06±3,15	16,72±6,56	22,39±4,13	23,66±5,37	17,38±9,24	12,61±1,55
a4	37,49±2,51	33,21±6,59	36,93±2,17	35,33±3,13	35,77±5,73	22,21±10,73
b1	35,81±4,54	40,86±5,57	38,82±7,35	32,53±6,56	39,02±4,49	37,91±2,79
b2	8,35±3,83	20,20±9,20	12,67±7,91	12,27±5,21	14,17±8,57	25,74±9,25
b3	18,96±4,29	10,34±3,12	15,91±4,34	19,83±7,91	13,76±6,28	12,89±4,08
b4	36,88±3,63	28,61±8,90	36,44±3,25	35,38±4,16	33,05±7,63	23,45±9,75

Pam.	2.3.	Abl.	XIV						
			VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
9a	e1	13, 53±5, 57	25, 32	14, 07±5, 55	22, 69±19, 78	14, 52±4, 93	13, 43±7, 40	14, 2±3, 46	
	e2	25, 36±10, 73	31, 30	28, 31±3, 34	26, 44±14, 19	35, 35±4, 42	23, 84±1, 94	30, 1±2, 37	
	e3	36, 20±6, 47	21, 88	33, 30±5, 92	37, 50±9, 03	33, 14±3, 68	41, 20±1, 15	38, 7±1, 91	
	e4	22, 61±11, 26	20, 40	24, 36±5, 13	17, 39±4, 17	17, 11±5, 66	21, 53±4, 31	16, 84±7, 98	
	f1	17, 55±13, 02	31, 51±15, 36	27, 11±4, 13	17, 17±5, 94	7, 79	35, 21	37, 73	
	f2	40, 42±11, 21	47, 88±16, 07	39, 46±11, 21	27, 17±13, 87	24, 94	42, 49	41, 50	
	f3	31, 79±18, 29	22, 52±1, 39	22, 63±2, 64	37, 71±19, 63	40, 90	14, 98	11, 55	
	f4	10, 24±4, 69	7, 69±2, 10	10, 80±4, 45	11, 96±0, 21	16, 36	7, 25	9, 22	
	g1	52, 30±12, 50	23, 83±11, 72	22, 64±4, 12	16, 33±12, 23	30, 33±6, 37	31, 15±10, 21	15, 21±12, 02	
	g2	49, 10±14, 12	32, 12±14, 12	42, 61±9, 35	40, 86±7, 98	48, 74±5, 10	33, 77±10, 21	55, 37±3, 82	
	g3	21, 99±12, 59	27, 96±0, 11	21, 12±1, 02	33, 20±13, 67	19, 21±3, 29	22, 48±1, 56	23, 67±9, 82	
	g4	6, 12±1, 37	10, 09±0, 75	6, 12±1, 56	9, 81±6, 55	4, 19±3, 30	7, 60±1, 16	6, 41±0, 20	
9b	a1	31, 53±3, 12	23, 12±1, 22	32, 13±4, 39	31, 99±5, 15	29, 38	36, 92±1, 95	31, 10±8, 70	
	a2	16, 75±10, 27	14, 32±1, 25	11, 03±6, 49	29, 05±23, 15	11, 39	11, 54±1, 08	8, 40±0, 71	
	a3	12, 72±11, 28	15, 52±10, 48	20, 20±3, 22	12, 57±12, 37	11, 07	16, 33±1, 11	25, 71±2, 13	
	a4	32, 83±2, 02	24, 21±0, 17	36, 18±0, 26	20, 40±15, 93	33, 66	35, 21±0, 69	33, 62±0, 75	
	b1	35, 39±2, 98	32, 70±0, 86	32, 71±6, 14	34, 29±3, 20	25, 71±0, 69	35, 63±1, 24	21, 43±19, 01	
	b2	19, 00±10, 65	15, 23±6, 33	15, 11±4, 49	27, 15±26, 00	25, 71±0, 37	12, 77±4, 70	11, 41±7, 24	
	b3	13, 39±8, 36	11, 84±8, 15	19, 01±6, 62	18, 99±1, 05	17, 52±9, 50	16, 51±0, 70	18, 74±16, 19	
	b4	32, 22±5, 26	36, 14±1, 10	37, 47±2, 66	19, 03±21, 14	27, 31±11, 43	24, 01±0, 33	30, 42±10, 20	

P.G. Pam.	I	II	III	IV	V	VI
9b						
c1	39,05±7,67	44,83±5,8.	40,88±4,09	33,44±7,76	42,00±5,26	36,84±7,25
c2	10,59±5,77	21,85±8,36	10,32±4,00	15,39±8,84	13,79±10,81	24,70±15,24
c3	16,63±7,27	8,85±3,37	13,44±4,36	17,14±9,43	11,56±7,91	14,95±5,32
c4	33,73±5,94	23,98±12,57	35,45±3,54	33,99±7,01	32,67±8,19	23,52±12,31
d1	37,96±9,39	43,39±3,85	39,49±5,75	35,03±8,35	39,42±5,30	35,65±14,96
d2	8,01±3,05	22,62±13,37	12,27±5,59	12,91±10,42	11,88±7,68	19,64±13,65
d3	19,54±7,87	13,67±7,84	15,12±6,98	18,67±8,88	15,18±8,47	17,33±12,05
d4	34,49±2,71	22,91±12,04	33,16±3,85	33,39±9,15	26,86±10,06	26,38±9,42
e1	26,64±4,47	28,04±9,66	22,51±15,46	21,54±8,51	34,27±14,09	17,73±9,96
e2	6,18±1,89	15,08±18,67	15,73±9,65	21,07±15,85	5,87±0,90	16,74±5,65
e3	25,10±5,11	23,94±4,83	28,52±13,35	25,46±7,91	22,68±12,16	29,30±6,75
e4	42,08±3,08	32,63±13,63	33,24±7,98	31,94±10,78	37,20±1,03	36,23±2,37
f1	10,59±5,68	7,40±2,88	11,33±7,51	13,75±7,29	9,74±7,30	25,17
f2	47,87±2,89	41,06±6,98	42,15±7,32	45,03±3,30	45,04±10,50	6,92
f3	27,05±3,70	31,68±5,35	30,83±6,30	26,87±5,50	34,27±5,47	41,49
f4	14,48±4,59	19,83±4,98	15,69±7,31	14,35±3,00	15,33±6,38	26,42
g1	13,94±6,12	8,59±2,91	11,91±5,15	12,19±8,48	7,37±2,77	4,43±1,63
g2	47,53±5,78	48,22±7,95	50,48±6,76	49,07±5,81	52,11±6,80	43,31±10,10
g3	27,32±2,71	31,36±4,02	25,78±5,44	27,68±7,50	29,09±2,10	39,97±4,67
g4	11,77±2,59	11,90±4,82	11,80±5,59	11,06±5,10	11,42±8,52	12,29±5,27

P.S.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Pam.							
Abl.							
9b							
c1	41, 1 $\pm$ 4, 4 $\pm$	33, 90 $\pm$ 6, 41	35, 46 $\pm$ 7, 83	28, 11 $\pm$ 10, 87	28, 11 $\pm$ 0, 21	38, 51 $\pm$ 4, 04	31, 90 $\pm$ 9, 11
c2	17, 3 $\pm$ 12, 4 $\pm$	13, 39 $\pm$ 9, 94	13, 34 $\pm$ 3, 07	28, 3 $\pm$ 25, 21	30, 46 $\pm$ 30, 91	16, 47 $\pm$ 1, 25	15, 33 $\pm$ 15, 91
c3	10, 59 $\pm$ 7, 96	17, 4 $\pm$ 15, 56	15, 12 $\pm$ 4, 63	2 $\pm$ 64 $\pm$ 7, 31	16, 53 $\pm$ 14, 84	12, 17 $\pm$ 3, 16	19, 79 $\pm$ 1 $\pm$, 63
c4	31, 25 $\pm$ 5, 07	35, 23 $\pm$ 9, 22	36, 08 $\pm$ 6, 08	18, 86 $\pm$ 21, 62	20, 69 $\pm$ 20, 73	32, 37 $\pm$ 2, 12	32, 96 $\pm$ 11, 38
d1	38, 7 $\pm$ 3, 34	37, 40 $\pm$ 15, 1	42, 30 $\pm$ 0, 71	28, 31 $\pm$ 18, 84	33, 95 $\pm$ 4, 60	41, 81 $\pm$ 7, 33	26, 74 $\pm$ 2, 45
d2	19, 93 $\pm$ 15, 04	10, 62 $\pm$ 4, 23	14, 95 $\pm$ 3, 03	31, 08 $\pm$ 26, 80	20, 43 $\pm$ 18, 83	11, 87 $\pm$ 4, 64	7, 62 $\pm$ 0, 74
d3	10, 31 $\pm$ 8, 34	15, 46 $\pm$ 15, 43	10, 60 $\pm$ 3, 75	22, 26 $\pm$ 10, 91	16, 70 $\pm$ 15, 09	11, 28 $\pm$ 3, 04	27, 96 $\pm$ 0, 65
d4	30, 35 $\pm$ 9, 62	33, 52 $\pm$ 4, 55	32, 27 $\pm$ 1, 43	18, 16 $\pm$ 18, 89	28, 93 $\pm$ 3, 34	35, 04 $\pm$ 3, 92	37, 60 $\pm$ 2, 55
e1	36, 86 $\pm$ 8, 83	30, 62	26, 55 $\pm$ 3, 43	35, 15 $\pm$ 22, 74	26, 37 $\pm$ 2, 30	35, 39 $\pm$ 3, 30	18, 15 $\pm$ 10, 91
e2	19, 79 $\pm$ 6, 22	14, 15	19, 37 $\pm$ 12, 82	25, 26 $\pm$ 7, 47	10, 12 $\pm$ 5, 30	9, 54 $\pm$ 4, 12	14, 25 $\pm$ 10, 61
e3	11, 02 $\pm$ 3, 84	34, 35	23, 85 $\pm$ 2, 92	12, 72 $\pm$ 11, 63	18, 33 $\pm$ 15, 45	21, 69 $\pm$ 2, 68	30, 10 $\pm$ 1, 52
e4	32, 34 $\pm$ 5, 24	15, 81	30, 22 $\pm$ 10, 99	26, 44 $\pm$ 3, 64	38, 90 $\pm$ 3, 33	32, 89 $\pm$ 4, 73	37, 50 $\pm$ 1, 22
f1	17, 13 $\pm$ 12, 31	5, 42 $\pm$ 0, 02	10, 60 $\pm$ 9, 01	12, 78 $\pm$ 7, 78	7, 64	7, 51	22, 15
f2	42, 34 $\pm$ 19, 13	51, 06 $\pm$ 9, 04	32, 33 $\pm$ 5, 33	40, 44 $\pm$ 14, 77	19, 50	54, 38	40, 79
f3	28, 91 $\pm$ 15, 7 $\pm$	30, 02 $\pm$ 1, 11	22, 36 $\pm$ 3, 65	31, 80 $\pm$ 9, 78	53, 41	26, 10	16, 15
f4	11, 63 $\pm$ 13, 54	13, 52 $\pm$ 7, 99	17, 29 $\pm$ 5, 77	14, 91 $\pm$ 12, 76	19, 47	12, 00	10, 88
g1	11, 27 $\pm$ 12, 12	14, 91 $\pm$ 0, 35	9, 31 $\pm$ 11, 04	10, 61 $\pm$ 3, 62	9, 80 $\pm$ 0, 92	7, 58 $\pm$ 0, 79	23, 31 $\pm$ 17, 30
g2	42, 61 $\pm$ 20, 87	45, 95 $\pm$ 12, 55	43, 05 $\pm$ 5, 92	35, 31 $\pm$ 19, 10	33, 36 $\pm$ 32, 81	46, 45 $\pm$ 0, 40	55, 38 $\pm$ 5, 62
g3	33, 68 $\pm$ 16, 77	20, 99 $\pm$ 5, 76	31, 46 $\pm$ 10, 46	37, 63 $\pm$ 11, 53	41, 06 $\pm$ 17, 47	30, 93 $\pm$ 1, 29	15, 41 $\pm$ 9, 84
g4	11, 84 $\pm$ 9, 16	17, 16 $\pm$ 18, 00	11, 36 $\pm$ 2, 50	17, 35 $\pm$ 11, 38	15, 73 $\pm$ 15, 32	15, 02 $\pm$ 7, 94	5, 71 $\pm$ 1, 84

Pam.	P.G.	I	II	III	IV	V	VI
10	Abl.						
	a1	- 4,4 $\pm$ 1,2	- 0,2 $\pm$ 3,0	- 3,3 $\pm$ 2,9	- 3,4 $\pm$ 3,5	- 6,9 $\pm$ 11,7	+ 2,1 $\pm$ 7,7
	a2	-19,2 $\pm$ 7,3	-10,9 $\pm$ 7,6	-15,1 $\pm$ 11,6	-11,5 $\pm$ 8,6	-10,3 $\pm$ 2,7	- 1,6 $\pm$ 4,2
	a3	- 3,6 $\pm$ 11,7	- 5,9 $\pm$ 8,9	+ 0,8 $\pm$ 5,0	- 2,5 $\pm$ 12,3	-13,5 $\pm$ 19,1	-10,1 $\pm$ 5,7
	a4	+17,9 $\pm$ 8,3	+10,9 $\pm$ 8,8	+12,0 $\pm$ 7,4	+10,1 $\pm$ 10,9	+18,6 $\pm$ 6,8	+ 0,1 $\pm$ 11,0
	a5	+ 6,7 $\pm$ 5,8	+ 6,4 $\pm$ 4,9	+ 5,0 $\pm$ 5,7	+ 7,0 $\pm$ 8,7	+11,9 $\pm$ 8,2	+ 1,2 $\pm$ 4,1
	a6	+ 1,2 $\pm$ 0,6	+ 0,8 $\pm$ 1,4	+ 0,7 $\pm$ 2,7	+ 1,4 $\pm$ 4,4	+ 9,0 $\pm$ 10,5	+ 5,5 $\pm$ 10,0
	b1	+ 0,0 $\pm$ 6,8	+ 3,9 $\pm$ 4,1	- 1,0 $\pm$ 5,0	- 3,0 $\pm$ 2,1	+ 2,0 $\pm$ 11,2	+ 2,1 $\pm$ 4,8
	b2	-19,7 $\pm$ 6,6	- 5,1 $\pm$ 5,7	-13,9 $\pm$ 9,2	- 6,5 $\pm$ 2,4	-12,8 $\pm$ 2,8	- 1,6 $\pm$ 2,1
	b3	- 4,3 $\pm$ 11,4	-11,5 $\pm$ 9,5	- 1,9 $\pm$ 3,6	- 3,2 $\pm$ 10,0	-15,2 $\pm$ 19,3	- 8,1 $\pm$ 5,7
	b4	+11,5 $\pm$ 7,3	+ 3,9 $\pm$ 5,5	+ 6,6 $\pm$ 7,2	+ 5,4 $\pm$ 2,8	+10,4 $\pm$ 5,9	+ 0,5 $\pm$ 6,8
	b5	+ 9,9 $\pm$ 7,8	+ 7,8 $\pm$ 6,4	+ 7,2 $\pm$ 6,0	+ 5,1 $\pm$ 3,3	+ 8,5 $\pm$ 4,4	+ 1,3 $\pm$ 2,6
	b6	+ 1,9 $\pm$ 1,6	+ 2,1 $\pm$ 1,5	+ 3,3 $\pm$ 2,4	+ 2,4 $\pm$ 5,0	+ 8,6 $\pm$ 9,8	+ 6,7 $\pm$ 5,5
	c1	+ 0,0 $\pm$ 8,7	+ 6,7 $\pm$ 10,4	+ 2,1 $\pm$ 3,4	- 2,2 $\pm$ 3,7	+ 1,0 $\pm$ 10,8	+ 2,3 $\pm$ 3,3
	c2	-16,5 $\pm$ 5,9	- 9,6 $\pm$ 4,7	-15,8 $\pm$ 3,7	- 7,2 $\pm$ 4,6	-15,3 $\pm$ 7,7	- 3,6 $\pm$ 5,5
	c3	- 0,7 $\pm$ 0,6	- 7,8 $\pm$ 9,3	- 2,4 $\pm$ 5,0	- 2,1 $\pm$ 8,9	-10,4 $\pm$ 18,5	- 5,8 $\pm$ 7,5
	c4	+ 7,0 $\pm$ 4,1	+ 0,3 $\pm$ 7,0	+ 3,6 $\pm$ 7,6	+ 3,8 $\pm$ 6,1	+ 7,1 $\pm$ 6,2	- 0,0 $\pm$ 8,5
	c5	+ 5,8 $\pm$ 2,0	+ 6,7 $\pm$ 6,0	+ 7,9 $\pm$ 5,0	+ 6,3 $\pm$ 4,3	+ 9,6 $\pm$ 2,3	+ 2,5 $\pm$ 3,6
	c6	+ 3,3 $\pm$ 2,8	+ 4,0 $\pm$ 0,7	+ 4,0 $\pm$ 2,7	+ 1,9 $\pm$ 4,2	+ 7,4 $\pm$ 6,1	+ 4,1 $\pm$ 2,4

Pam.	P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
10	Abl.							
	a1	- 7, <u>5</u> +1, 1	+ 1, <u>0</u> +2, 8	- 3, <u>3</u> +1, 5	+12, <u>7</u> +9, 9	- 3, 8	- 3, <u>1</u> +4, 3	- 4, <u>0</u> +4, 5
	a2	-14, <u>0</u> +13, 0	- 9, <u>1</u> +2, 6	- 6, <u>7</u> +9, 6	- 5, <u>9</u> +14, 8	- 4, 8	-10, <u>8</u> +0, 8	-21, <u>3</u> +9, 7
	a3	-14, <u>5</u> +26, 9	-10, <u>2</u> +11, 5	- 4, <u>1</u> +4, 2	-17, <u>3</u> +15, 2	- 1, 9	- 7, <u>8</u> +8, 2	+10, <u>3</u> +5, 9
	a4	+ 9, <u>2</u> +32, 1	+ 8, <u>2</u> +1, 3	+10, <u>1</u> +5, 8	+ 1, <u>4</u> +17, 6	+ 7, 6	+ 9, <u>9</u> +7, 0	+10, <u>4</u> +2, 3
	a5	+16, <u>7</u> +23, 1	+10, <u>2</u> +8, 7	+ 2, <u>3</u> +1, 7	+ 3, <u>7</u> +1, 5	+ 2, 8	+ 6, <u>7</u> +2, 1	+ 4, <u>2</u> +4, 2
	a6	+ 7, <u>0</u> +9, 9	- 0, <u>3</u> +2, 7	+ 1, <u>4</u> +2, 9	+ 3, <u>8</u> +4, 4	+ 0, 1	+ 3, <u>4</u> +2, 4	- 0, <u>3</u> +5, 8
	b1	- 1, <u>4</u> +4, 7	+ 2, <u>2</u> +1, 8	- 2, <u>7</u> +1, 0	+12, <u>1</u> +15, 4	+ 1, <u>3</u> +6, 3	- 2, <u>2</u> +2, 3	- 0, <u>7</u> +7, 6
	b2	- 8, <u>9</u> +7, 6	-11, <u>1</u> +3, 1	- 7, <u>7</u> +1, 4	- 2, <u>0</u> +15, 2	- 1, <u>2</u> +6, 8	-10, <u>7</u> +0, 9	-13, <u>5</u> +0, 0
	b3	-16, <u>0</u> +13, 1	-16, <u>6</u> +17, 6	- 4, <u>4</u> +4, 1	- 3, <u>3</u> +4, 4	- 4, <u>4</u> +6, 5	- 7, <u>2</u> +7, 5	+ 4, <u>1</u> +3, 1
	b4	+ 2, <u>1</u> +10, 5	+ 6, <u>9</u> +1, 9	+ 9, <u>3</u> +3, 5	- 1, <u>3</u> +15, 9	+ 1, <u>0</u> +5, 0	+ 9, <u>8</u> +7, 1	+ 6, <u>7</u> +11, 7
	b5	+13, <u>3</u> +12, 6	+16, <u>6</u> +12, 5	+ 4, <u>8</u> +2, 1	- 2, <u>8</u> +7, 6	+ 3, <u>0</u> +3, 2	+ 6, <u>0</u> +1, 4	+ 2, <u>0</u> +1, 9
	b6	+ 8, <u>9</u> +7, 0	+ 1, <u>4</u> +4, 1	+ 0, <u>3</u> +2, 5	+ 1, <u>3</u> +0, 1	+ 1, <u>6</u> +1, 0	+ 3, <u>0</u> +0, 4	+ 0, <u>2</u> +3, 3
	c1	+ 2, <u>8</u> +5, 1	+ 0, <u>8</u> +0, 8	- 1, <u>1</u> +2, 2	+ 9, <u>5</u> +16, 8	+ 0, <u>3</u> +6, 7	- 2, <u>0</u> +4, 1	- 2, <u>3</u> +8, 3
	c2	-12, <u>8</u> +7, 1	-12, <u>1</u> +0, 8	- 5, <u>0</u> +4, 7	+ 3, <u>6</u> +21, 3	- 2, <u>4</u> +11, 5	- 4, <u>5</u> +1, 3	-10, <u>2</u> +2, 7
	c3	-13, <u>6</u> +17, 9	-13, <u>7</u> +23, 2	- 5, <u>0</u> +2, 3	- 2, <u>0</u> +3, 8	- 1, <u>5</u> +9, 0	- 6, <u>1</u> +3, 8	+ 3, <u>1</u> +0, 6
	c4	+ 3, <u>1</u> +7, 1	+ 6, <u>7</u> +3, 5	+ 5, <u>1</u> +1, 3	- 5, <u>7</u> +23, 4	+ 2, <u>9</u> +6, 9	+ 3, <u>7</u> +4, 2	+ 4, <u>0</u> +20, 1
	c5	+11, <u>7</u> +7, 9	+15, <u>3</u> +17, 0	+ 4, <u>3</u> +1, 7	- 7, <u>5</u> +18, 2	+ 1, <u>0</u> +5, 0	+ 4, <u>8</u> +2, 6	+ 4, <u>2</u> +5, 2
	c6	+ 8, <u>7</u> +6, 1	+ 2, <u>9</u> +7, 1	+ 1, <u>6</u> +1, 2	+ 0, <u>6</u> +0, 2	- 0, <u>4</u> +2, 0	+ 3, <u>3</u> +0, 1	+ 0, <u>1</u> +3, 8

P.G.	I	II	III	IV	V	VI
Pam.						
10						
d1	+ 1,2 $\underline{+}$ 5,5	+10,0 $\underline{+}$ 1 $\underline{+}$ 5	+ 0,8 $\underline{+}$ 4,2	- 0,6 $\underline{+}$ 9,6	+ 1,2 $\underline{+}$ 4,7	+4,7 $\underline{+}$ 3,5
d2	-20,7 $\underline{+}$ 7,8	- 9,1 $\underline{+}$ 5,5	-14,0 $\underline{+}$ 5,3	-14,5 $\underline{+}$ 11,6	-15,4 $\underline{+}$ 5,4	-5,5 $\underline{+}$ 5,5
d3	+ 2,3 $\underline{+}$ 8,5	- 7,2 $\underline{+}$ 8,0	- 1,5 $\underline{+}$ 6,8	+ 0,7 $\underline{+}$ 8,5	- 5,5 $\underline{+}$ 15,2	-4,7 $\underline{+}$ 12,6
d4	+ 8,6 $\underline{+}$ 2,6	- 1,4 $\underline{+}$ 5,4	+ 3,1 $\underline{+}$ 7,5	+ 5,5 $\underline{+}$ 8,1	+ 3,4 $\underline{+}$ 1,3	+2,6 $\underline{+}$ 6,5
d5	+ 5,4 $\underline{+}$ 1,8	+ 4,1 $\underline{+}$ 4,7	+ 6,5 $\underline{+}$ 4,0	+ 4,7 $\underline{+}$ 4,4	+ 7,1 $\underline{+}$ 4,5	+4,5 $\underline{+}$ 4,1
d6	+ 2,7 $\underline{+}$ 3,2	+ 4,2 $\underline{+}$ 1,8	+ 4,8 $\underline{+}$ 4,2	+ 2,5 $\underline{+}$ 2,7	+ 4,5 $\underline{+}$ 5,3	+2,5 $\underline{+}$ 6,5
e1	-9,3 $\underline{+}$ 10,2	-2,5 $\underline{+}$ 5,1	-2,5 $\underline{+}$ 3,9	-4,5 $\underline{+}$ 5,9	- 5,2 $\underline{+}$ 9,8	-6,2 $\underline{+}$ 7,6
e2	-4,0 $\underline{+}$ 2,1	+0,7 $\underline{+}$ 3,2	-3,2 $\underline{+}$ 8,2	+0,8 $\underline{+}$ 8,3	-12,2 $\underline{+}$ 6,7	+0,8 $\underline{+}$ 3,0
e3	+3,3 $\underline{+}$ 4,2	+1,5 $\underline{+}$ 1,6	+2,3 $\underline{+}$ 3,3	+2,8 $\underline{+}$ 5,0	+ 5,1 $\underline{+}$ 6,6	+2,2 $\underline{+}$ 6,1
e4	+4,6 $\underline{+}$ 4,8	+5,5 $\underline{+}$ 4,5	+0,9 $\underline{+}$ 5,2	+1,3 $\underline{+}$ 8,3	+ 6,7 $\underline{+}$ 0,5	+3,4 $\underline{+}$ 2,1
e5	+4,5 $\underline{+}$ 4,4	+1,0 $\underline{+}$ 1,6	+1,1 $\underline{+}$ 3,6	+2,2 $\underline{+}$ 2,1	+ 4,8 $\underline{+}$ 2,3	+1,1 $\underline{+}$ 1,4
e6	+0,8 $\underline{+}$ 1,3	+0,9 $\underline{+}$ 1,0	+2,5 $\underline{+}$ 7,0	+0,9 $\underline{+}$ 3,2	+ 1,0 $\underline{+}$ 1,4	-0,7 $\underline{+}$ 2,6
f1	- 0,5 $\underline{+}$ 3,3	-1,0 $\underline{+}$ 1,6	+0,8 $\underline{+}$ 7,2	+2,4 $\underline{+}$ 4,3	- 0,2 $\underline{+}$ 3,5	-4,6
f2	+11,9 $\underline{+}$ 2,8	+6,2 $\underline{+}$ 2,2	+7,4 $\underline{+}$ 4,5	+9,3 $\underline{+}$ 5,1	+11,4 $\underline{+}$ 3,3	-3,6
f3	- 3,9 $\underline{+}$ 0,1	+0,0 $\underline{+}$ 3,1	-0,1 $\underline{+}$ 4,6	-1,5 $\underline{+}$ 3,8	- 0,3 $\underline{+}$ 10,2	+5,7
f4	- 4,1 $\underline{+}$ 1,5	-1,0 $\underline{+}$ 3,1	-3,2 $\underline{+}$ 2,7	-5,4 $\underline{+}$ 2,1	- 4,9 $\underline{+}$ 1,8	+4,8
f5	- 1,9 $\underline{+}$ 1,0	-1,6 $\underline{+}$ 1,6	-2,5 $\underline{+}$ 2,8	-2,2 $\underline{+}$ 1,5	- 3,9 $\underline{+}$ 3,3	-5,9
f6	- 1,6 $\underline{+}$ 1,5	-0,9 $\underline{+}$ 0,4	-2,0 $\underline{+}$ 1,3	-2,4 $\underline{+}$ 1,6	- 1,6 $\underline{+}$ 2,4	+4,2

1
2
1

P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
d1	+ 0,2+10,2	- 1,1+3,5	+ 0,9+0,2	+ 4,2+7,7	+ 1,5+4,1	- 1,9+6,8	- 7,8+6,4
d2	- 9,3+9,2	- 6,8+0,7	- 8,6+4,8	+ 2,8+14,8	- 7,6+14,2	- 8,0+1,6	- 6,0+3,5
d3	- 13,9+13,0	+ 1,5+6,7	- 5,2+2,6	- 1,5+6,1	- 3,7+18,8	- 3,7+2,3	+ 4,6+1,3
d4	+ 5,5+12,1	+ 2,9+1,1	+ 3,9+2,8	- 6,4+14,9	+ 3,8+5,2	+ 4,5+6,4	+ 7,1+2,5
d5	+ 10,4+7,4	+ 2,8+0,7	+ 4,9+2,7	- 2,5+8,4	+ 4,2+3,5	+ 5,3+4,3	+ 1,5+0,4
d6	+ 10,9+4,0	+ 1,1+4,2	+ 2,8+2,0	+ 0,7+3,9	+ 1,9+0,3	+ 4,0+1,2	+ 0,2+1,4
e1	- 3,8+8,8	- 1,8	- 6,1+7,2	- 1,7+2,1	- 3,0+3,1	- 11,5+14,1	- 8,6+4,3
e2	- 4,9+14,1	- 10,3	- 1,0+4,6	- 1,5+1,0	- 5,1+5,1	- 7,2+5,1	+ 0,9+8,8
e3	- 7,7+6,0	+ 12,0	+ 0,9+2,8	+ 4,5+9,7	+ 0,8+7,0	+ 3,7+3,1	+ 4,8+2,1
e4	+ 4,8+7,4	+ 2,4	+ 2,4+7,0	- 6,7+9,6	+ 4,2+4,6	+ 2,5+4,3	+ 2,1+0,9
e5	+ 6,5+5,1	- 9,7	+ 0,9+1,8	+ 3,3+2,2	+ 4,6+4,3	+ 1,0+0,8	+ 1,4+0,5
e6	+ 5,2+2,0	+ 4,3	+ 1,2+1,2	+ 1,0+0,3	- 1,1+0,5	+ 11,5+12,0	- 0,3+3,7
f1	+ 3,4+10,6	- 1,1+3,0	+ 0,8+3,0	- 2,6+7,1	- 1,0	- 0,8	+ 7,8
f2	+ 9,4+10,7	+ 16,5+1,2	+ 6,2+3,8	+ 7,5+0,2	- 2,4	+ 8,7	+ 7,3
f3	+ 4,3+12,2	- 2,9+1,0	+ 0,1+1,9	+ 6,7+8,7	+ 11,0	- 3,2	- 8,0
f4	- 11,5+12,4	- 7,7+1,9	- 2,4+1,0	- 8,2+0,6	+ 5,0	- 22,0	- 7,7
f5	- 3,9+3,2	- 2,2+1,8	- 2,5+2,4	- 3,3+0,4	- 5,2	+ 1,7	- 0,4
f6	- 2,1+4,7	- 2,7+0,6	- 2,1+1,1	- 0,1+1,9	- 2,3	- 1,8	- 0,6

P.G.	I	II	III	IV	V	VI
Pam.						
10						
g1	+2, 5 $\pm$ 3, 6	+0, 3 $\pm$ 1, 3	+0, 8 $\pm$ 1, 3	+1, 6 $\pm$ 2, 2	- 1, 6 $\pm$ 3, 5	-0, 2 $\pm$ 0, 9
g2	+6, 3 $\pm$ 3, 0	+7, 1 $\pm$ 3, 0	+8, 1 $\pm$ 3, 0	+7, 3 $\pm$ 3, 1	+12, 2 $\pm$ 4, 9	+5, 4 $\pm$ 3, 3
g3	-3, 1 $\pm$ 0, 7	-0, 7 $\pm$ 2, 5	-2, 5 $\pm$ 2, 4	-1, 7 $\pm$ 3, 3	+ 0, 0 $\pm$ 3, 1	+5, 1 $\pm$ 4, 7
g4	-2, 6 $\pm$ 0, 7	-3, 2 $\pm$ 3, 1	-3, 4 $\pm$ 1, 6	-3, 3 $\pm$ 2, 1	- 6, 4 $\pm$ 3, 3	-5, 0 $\pm$ 3, 0
g5	-1, 8 $\pm$ 0, 8	-2, 0 $\pm$ 0, 3	-1, 1 $\pm$ 0, 8	-2, 2 $\pm$ 1, 3	- 2, 3 $\pm$ 2, 9	-4, 1 $\pm$ 1, 3
g6	-1, 6 $\pm$ 0, 5	-0, 8 $\pm$ 0, 7	-1, 4 $\pm$ 1, 1	-1, 0 $\pm$ 1, 5	- 2, 0 $\pm$ 2, 5	-0, 9 $\pm$ 0, 9

Par.	P.G.	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
10	Abl.							
	g1	+ 4, 6 $\pm$ 2, 5	- 0, 7 $\pm$ 3, 3	+ 2, 3 $\pm$ 4, 6	- 1, 4 $\pm$ 3, 2	- 0, 1 $\pm$ 3, 5	- 0, 1 $\pm$ 0, 9	+ 3, 1 $\pm$ 3, 0
	g2	+ 4, 8 $\pm$ 8, 0	+ 5, 8 $\pm$ 1, 2	+ 8, 9 $\pm$ 7, 7	+ 3, 6 $\pm$ 4, 2	+ 7, 8 $\pm$ 13, 5	+ 9, 7 $\pm$ 1, 6	+ 5, 5 $\pm$ 6, 1
	g3	+ 1, 2 $\pm$ 8, 2	- 1, 2 $\pm$ 1, 5	+ 3, 1 $\pm$ 5, 3	+ 6, 0 $\pm$ 10, 4	+ 3, 5 $\pm$ 11, 0	- 3, 0 $\pm$ 2, 3	- 0, 1 $\pm$ 8, 0
	g4	- 4, 4 $\pm$ 3, 0	- 5, 0 $\pm$ 2, 5	- 6, 2 $\pm$ 5, 5	- 2, 4 $\pm$ 0, 5	- 2, 3 $\pm$ 9, 4	- 2, 5 $\pm$ 2, 9	- 3, 1 $\pm$ 1, 2
	g5	- 3, 1 $\pm$ 1, 3	+ 1, 7 $\pm$ 5, 1	- 5, 1 $\pm$ 3, 0	- 3, 5 $\pm$ 1, 6	- 5, 7 $\pm$ 1, 0	- 3, 1 $\pm$ 2, 0	- 0, 6 $\pm$ 0, 5
	g6	- 1, 9 $\pm$ 1, 9	- 0, 7 $\pm$ 1, 6	- 2, 2 $\pm$ 0, 3	- 2, 4 $\pm$ 2, 0	- 2, 7 $\pm$ 1, 6	- 2, 0 $\pm$ 0, 9	- 0, 4 $\pm$ 0, 7

B 5. Diskussion

Es soll nochmals darauf verwiesen werden, daß diese Arbeit eine Trendanalyse darstellen soll und die Ergebnisse ohne Bestätigung im Rahmen groß angelegter Untersuchungen nur als diagnostische Hinweise gelten können.

Hier werden die einzelnen Ergebnisse der einzelnen Krankheitsgruppen besprochen, soweit sie von den Normalwerten verschieden sind, und dadurch die Unterschiede der einzelnen Krankheitsbilder dargestellt. Von einer Behandlung der Vorhofkurven muß auch hier aus den schon genannten technischen Gründen abgesehen werden. Die untersuchten Parameter werden in der Reihenfolge der Tabelle diskutiert.

Normalpersonen (Tab. I-II, VII und Abb. 2, 3,
12a-f)

Die Amplituden sind bei der Kontrollgruppe unter 40 J. durchwegs größer als bei den älteren Normalpersonen (Abb. 12b), ebenso die Differenz zwischen Spitze und Inzisur der Gefäßkurven (Abb. 12e). Dies ist möglicherweise auf eine leichte Dilatation des Ventrikels und eine geringgradige Sklerose der Aorta bei den älteren Personen zurückzuführen. Sie ist in Übereinstimmung mit den Angaben von HECKMANN an der Pulmonalis größer als an der Aorta.

Die Latenzzeit wird von HECKMANN ab der Q-Zacke des EKG angegeben. Hier wurde auf die R-Zacke Bezug genommen. Es wurden vereinfachend von den Werten aus HECKMANN, um eine Vergleichsgrundlage zu schaffen, 0,02 sec abgezogen, die

im Durchschnitt der Dauer zwischen Q- und R-Zacke entsprechen dürften. Eine andere Möglichkeit der Abweichung ergibt sich daraus, daß HECKMANN andere Vergleichsgrößen herangezogen hat, so vor allem seine Erkenntnisse aus der Anwendung der Phasenanalyse, während hier als Meßpunkt der Übergang in die schnelle Medialbewegung definiert werden mußte, welcher u.a. einem gewissen Einfluß der Pendelbewegung unterliegt. Die Latenzzeit liegt bei dieser Untersuchung erheblich über den von HECKMANN angegebenen Werten (nach vorhin angeführter Korrektur). Die Hauptgründe für diese Abweichung sind schon genannt worden. Die Zeit zwischen der R-Zacke und der schnellen Lateralbewegung der großen Gefäße dauert bei den älteren Personen etwas länger als bei den jüngeren:

$0,13 \pm 0,04$ bzw. $0,14 \pm 0,04$ sec an der Pulmonalis bzw. Aorta zu $0,11 \pm 0,03$ bzw. $0,10 \pm 0,02$ sec (Abb. 12c; Tab. I, II, 4, f-g). Diese Werte weichen nicht wesentlich von denen von HECKMANN ab: $0,06-0,12$ bzw. $0,06-0,14$ sec nach der R-Zacke (Korrektur) bei f bzw. g.

Die Geschwindigkeit der schnellen Lateralbewegung an den großen Gefäßen ist bei den unter 40 J. alten Personen an der Pulmonalis doppelt so hoch wie bei den Älteren, an der Aorta ist sie nur geringgradig höher (Abb. 12f), vermutlich als Ausdruck der noch größeren Elastizität der Gefäßwände. Die Dauer dieser Bewegung ist bei beiden Gruppen etwa gleich lang (Abb. 12d) und unterscheidet sich nicht von den Angaben nach HECKMANN.

Die relative Dauer bis zum Beginn der Medialbewegung differiert bei beiden Gruppen nicht

(Tab. I,II,7.a,a-g), während sie bis zum Beginn der Lateralbewegung bei der älteren Gruppe länger ist (Tab. I,II,7.b,a-g). Bei diesem Parameter spielen die Frequenz und die hohe Konstanz und Frequenzunabhängigkeit der elektromechanischen Vorgänge sicher eine wesentliche Rolle. Beide konnten nicht berücksichtigt werden. HECKMANN macht dazu keine Angaben.

Die Radarkymographiekurve, deren Periodendauer durch den Abstand zweier aufeinander folgender R-Zacken im EKG definiert ist, soll ab hier R-R-Kurve (nicht die EKG-Kurve) genannt werden, um von der ständigen Wiederholung dieser ausführlichen Definition absehen zu können. Der relative Anteil des zweiten und dritten Viertels an der Gesamtfläche der R-R-Kurve ist bei den zwei Gruppen verschieden. Bei den Jüngeren weist das zweite Viertel den kleinsten Anteil auf, bei den Älteren das dritte (Tab. I,II,9.b,a-g). Das ist möglicherweise auf größere Kontraktilität und schnellere Füllung der jüngeren Herzen zurückzuführen.

Kleine Unterschiede ergeben sich bei der Betrachtung der Geschwindigkeitsverhältnisse (Tab. I,II,10,a-g). Sie sind jedoch nicht so evident, daß eine Aussage daraus abgeleitet werden könnte. Vermutlich sind sie in Abhängigkeit von den Amplituden voneinander verschieden.

Hypertonus (Tab. I-V und Abb. 4, 5, 10a-f,
11a-f)

Die Amplituden im Ventrikelbereich unterscheiden sich nicht signifikant bei den drei Altersgruppen von denen der entsprechenden Kontroll-

personen. An der Pulmonalis sind sie bei denen über 40 und 60 J., an der Aorta bei denen unter 40 J. vergrößert (Abb. 10b und 11b). Nach HECKMANN, der allerdings keine Altersgruppen definierte, ergibt sich eine vergrößerte Amplitude an der Aorta, wenn am Beginn der Sklerosierung eine ruckartige Verlagerung des Gefäßes auftritt, welche im fortgeschrittenen Stadium der Sklerosierung wieder verschwindet. Der Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Aortenkurve ist bei den Patienten über 60 J. erhöht, vermutlich aufgrund longitudinaler Streckung, bei den anderen im Normalbereich (Abb. 10e und 11e).

Die Latenzzeit und die Zeit zwischen der R-Zacke und der schnellen Lateralbewegung der Gefäße, die nach den Angaben von HECKMANN bei dekompensierter Hypertonie verlängert ist, entsprechen den Werten der Kontrollgruppen (Abb. 10c und 11c).

Die Geschwindigkeit dieser Bewegung ist an der Pulmonalis bei den Hypertonikern über 40 und 60 J. größer, bei denen unter 40 J. geringfügig niedriger als normal, vielleicht die Folge einer gewissen Wandstarre oder leicht erhöhter Druckverhältnisse. An der Aorta treten keine Abweichungen auf, was vielleicht als Beweis guter Kompensation aufzufassen ist (Abb. 10f und 11f). Die Dauer der Lateralbewegung ist nur bei den Patienten unter 40 J. gering verlängert, sonst im Normalbereich (Abb. 10d und 11d).

Die relative Zeit bis zum Beginn der Medialbewegung beider Gefäße (ab Kurvenspitze) ist geringfügig verlängert bei denen unter 40 J.

(vgl. Tab. I,7.a,f-g mit Tab. V,7.a,f-g), vermutlich als Ausdruck der erhöhten Druckverhältnisse bei noch nicht angepaßtem, d.h. noch nicht hypertrophischem Myocard. Die Werte der anderen Altersstufen und alle Werte der relativen Dauer bis zum Beginn der Lateralbewegung befinden sich im Normalbereich (Tab. II-IV,7.a, a-g und Tab. I-V,7.b,a-g).

Die prozentualen Anteile der zeitgleichen Kurvenviertel an der Fläche der R-R-Kurve verhalten sich bei den Patienten über 40 J. im Ventrikelbereich anders als bei den Normalpersonen: Das zweite Viertel ist an allen Kammerableitungen größer, das dritte kleiner (Tab. II-IV,9.b,a-d), möglicherweise als Ausdruck geringerer Kompensation der erhöhten Druckverhältnisse.

Die Geschwindigkeiten weisen keine grundlegenden Unterschiede auf, nur bei den unter 40 J. alten Patienten fallen die Medialbewegungen im Ventrikelbereich vermutlich wegen der größeren Amplituden schneller aus als bei den anderen, wobei sie im dritten Sechstel deutlich schneller als normal sind (vgl. Tab. I,10,a-g mit Tab. V,10,a-g), wahrscheinlich infolge einer noch geringen Kompensation der erhöhten Druckverhältnisse.

Infarkt im Vorderwand-Spitzen-Bereich (Tab. II, VI und Abb. 5, 10a-f)

Die Amplituden sind in den kaudalen Ableitungen a-c des Ventrikels signifikant kleiner als normal, in der Ableitung d normal groß (Abb. 10b). Der Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Aortenkurve ist normal (Abb. 10e).

Die Latenzzeit ist im Ventrikelbereich größer

als bei den Normalpersonen und allen anderen untersuchten Patienten (Abb. 10c; vgl. Tab. VI, 3,a-d mit Tab. I-V,VIII-XIV,3,a-d). HECKMANN führt für diese Patienten keine Werte an. Die schnelle Lateralbewegung der Aorta tritt deutlich verzögert ein, vermutlich, wie die verlängerte Latenzzeit im Ventrikelbereich, infolge verzögerten Druckanstiegs im Ventrikel mit verspäteter Öffnung der Aortenklappen.

Die Geschwindigkeit und die Dauer dieser Phase befinden sich im Normalbereich (Abb. 10f und d). Der relative Zeitanteil an der Dauer der Periode bis zum Beginn der Medialbewegung ist im Ventrikelbereich und an der Aorta deutlich verlängert (Tab. VI,7.a,a-g), ebenso die relative Zeit bis zur Lateralbewegung (Tab. VI,7.b,a-g). Das ist sicher ein Ausdruck der verlängerten Latenzzeit und der verspäteten Bewegung der Aorta.

Der relative Anteil des zweiten Viertels an der Gesamtfläche der R-R-Kurve ist in den Ableitungen a und b betont, was durchaus für eine verspätete systolische Bewegung spricht, ohne jedoch eine Paradoxie der Bewegung zu beweisen (vgl. Tab. VI,9.b,a-d mit Tab. II,9.b,a-d). An der Aortenkurve tritt das dritte Viertel bei deutlich verkleinertem erstem hervor (Tab. VI,9.b,g), vermutlich als Ausdruck der verspäteten Auswurfphase.

Die schnellste Medialbewegung des Ventrikels tritt in den kaudalen Ableitungen erst im dritten Sechstel auf, die größte Geschwindigkeit während der Lateralbewegung erst im letzten Sechstel (normal im vierten bis fünften) (Tab. VI,10,a-d). Dies scheint auf die verringerte

Kontraktionskraft in diesen Bezirken und auf die mangelnde Fähigkeit, sich dynamisch an die Umformungen während der diastolischen Füllungsphase anpassen zu können, zurückzuführen zu sein. Die Lateralbewegung der Aorta dauert weit in das dritte Sechstel hinein an (Tab. VI, 10, g), die Geschwindigkeitswerte befinden sich im Normalbereich.

Vorhofseptumdefekt (ASD) (Tab. I, II, VIII IX
und Abb. 6, 7, 12a-f)

Die Amplituden sind im Ventrikelbereich bei den Patienten mit unkompliziertem ASD stark vergrößert, was nach HECKMANN durchaus die Folge eines Rechtspendelns (bei bestehendem Rechtsschenkelblock) und eines auftretenden diastolischen Kollapses sein kann. An der Pulmonalis ist die Amplitude bei unkompliziertem ASD und ASD mit Mitralinsuffizienz stark vergrößert, vermutlich als Ausdruck vermehrten Fördervolumens, bei einfachem ASD auch an der Aorta (Abb. 12b). Der Abstand zwischen Spitze und Inzisur beider Gefäßkurven ist bei beiden Krankheitsbildern vergrößert, doch liegt beim komplizierten ASD nur ein Wert vor (Abb. 12e). HECKMANN beschreibt die Inzisur an beiden Gefäßkurven als sehr tief (Pulmonalis) bzw. relativ tief sitzend und betrachtet an der Pulmonalis diese Tatsache als durch vermehrtes Fördervolumen bedingt.

Die schnelle Lateralbewegung tritt an der Pulmonalis bei ASD mit Mitralvitium verspätet auf (Abb. 12c), sicher eine Folge des vorhandenen Rechtsschenkelblockes.

Die Geschwindigkeit dieser Phase ist bei beiden Vitien an der Pulmonalis deutlich erhöht, beim

- 13 -

einfachen ASD auch an der Aorta (Abb. 12f). HECKMANN beschreibt diese Phase als rasch und steil. Die Dauer dieser Bewegung ist hier nur bei kompliziertem ASD und nur an der Pulmonalis geringfügig verkürzt (Abb. 12d), vermutlich durch vorzeitigen Schluß der Pulmonalklapfen infolge des erhöhten Druckes in der A. Pulmonalis, während HECKMANN an beiden Gefäßen einen vorzeitigen Gipfel beschreibt. Bis auf die Geschwindigkeiten ergeben sich keine Abweichungen von den Normalpersonen mehr. Beim einfachen ASD erstreckt sich die Lateralbewegung der Pulmonalis in das dritte Sechstel, erreicht das Geschwindigkeitsmaximum im zweiten und bewegt sich im vierten Sechstel sehr rasch nach medial. An der Aorta dauert bei diesen Patienten die Lateralbewegung ebenfalls bis in das dritte Sechstel an (Tab. VIII, 10, f-g). Die größte Geschwindigkeit der Lateralbewegung der Pulmonalis zeigten die Patienten mit kompliziertem ASD (Tab. IX, 10, f): $16,5 \pm 1,2$ mm/sec gegenüber $6,2 \pm 2,2$ mm/sec bei den Kontrollpersonen (Tab. II, 10, f). Dies ist möglicherweise auf die besonders große Volumen- und die relativ große Druckbelastung der A. Pulmonalis (bei beiden Patienten im rechten Ventrikel $42/2-9$ mmHg nach blutiger Druckmessung bei Katheteruntersuchung) zurückzuführen.

Mitralvitium (Tab. II, X, XI und Abb. 8, 13a-f)

Bei den Patienten mit Mitralinsuffizienz sind die Amplituden im Ventrikelbereich kleiner, an der Pulmonalis normal und an der Aorta größer als normal (Abb. 13b). Dies ist eventuell durch ein latentes Linkspendeln infolge einer Hyper-

trophie der linken Kammer verursacht, zumal bei einem Patienten eine zusätzliche Aortenstenose besteht. Bei den Patienten mit Mitralstenose sind die Amplituden im Ventrikelbereich normal, an Pulmonalis und Aorta geringfügig vergrößert (Abb. 13b). HECKMANN und GADERMANN beschreiben bei der Mitralstenose an allen Ableitungsstellen eine Verschiebung des Herzrandes nach links, hervorgerufen durch Verschiebung des Massenmittelpunktes nach links und dorsal. Das sollte zu einer Verkleinerung der Amplituden bei diesem Vitium führen. Die Amplitudendifferenz ist bei der Mitralinsuffizienz an der Pulmonaliskurve geringfügig verkleinert, bei der Mitralstenose liegt nur ein (größerer) Wert vor. An der Aortenkurve ist diese Strecke bei beiden Krankheitsbildern vergrößert (Abb. 13e), wahrscheinlich infolge beschleunigten Abströmens des relativ geringen Volumens. HECKMANN macht dazu keine Angaben.

Die Latenzzeit ist im Ventrikelbereich bei der Mitralinsuffizienz vermutlich infolge des bereits erwähnten Linkspendelns verlängert, bei der Mitralstenose normal (Abb. 13c). HECKMANN beschreibt bei der Mitralstenose eine Verkürzung der Latenzzeit auf 0,03 sec und noch weniger ab der Q-Zacke im Bereich der ganzen linken Kammer. Die Zeit zwischen der R-Zacke und dem Steilanstieg der Pulmonaliskurve entspricht bei der Mitralinsuffizienz durchaus den Normalwerten, bei der Mitralstenose liegt sie an deren unterer Grenze (Abb. 13c). Dies ist möglicherweise auf die von HECKMANN beschriebene Linksverschiebung zurückzuführen, die hier weder nachgewiesen noch ausgeschlossen werden

kann. An der Aorta dauert diese Zeit bei beiden Vitien normal lang (Abb. 13c). HECKMANN beschreibt bei der Mitralinsuffizienz die Zeit zwischen der R-Zacke und dem Steilanstieg der Aortenkurve als erheblich länger als bis zur Medialbewegung des linken Ventrikels. Bei der Mitralstenose beobachtet er an beiden Gefäßen eine Verlängerung der Anspannungszeit, an der Pulmonalis infolge meist erhöhter Druckverhältnisse, an der Aorta durch verspätete Öffnung der Semilunarklappen infolge verminderter Füllung des linken Ventrikels.

Die Lateralbewegung der Pulmonalis erfolgt bei der Mitralinsuffizienz schneller als normal, die Aorta bewegt sich bei beiden Vitien mit erhöhter Geschwindigkeit nach lateral (Abb. 13f). Dies ist möglicherweise durch eine Art Kippbewegung des Herzens infolge der sicher bestehenden Rechtshypertrophie, neben einer noch erhaltenen relativ hohen Elastizität des Gewebes infolge der verhältnismäßig niedrigen Druckbelastung der Aorta verursacht. Diese Phase dauert bei der Mitralinsuffizienz an der Pulmonalis nicht so lang wie normal, ansonst liegt sie im Normalbereich (Abb. 13d).

Bei der Mitralstenose ist die relative Dauer bis zur Medialbewegung im Ventrikelbereich verlängert (Tab. XI, 7.a, a-d), vielleicht als Ausdruck der von HECKMANN und GADERMANN mit Hilfe der Phasenanalyse beobachteten Linksverschiebung. Bei der Mitralinsuffizienz ist die relative Dauer bis zur Medialbewegung an der Pulmonalis kleiner als normal. Das ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß durch den erhöhten Druck in der A. Pulmonalis die schnelle

Austreibung nur sehr kurz erfolgen kann und die Ausströmungsgeschwindigkeit sehr stark vermindert wird, was sich in einem Medialwandern der Pulmonaliskurve ausdrücken würde. An der Aorta ist die relative Dauer bis zur Medialbewegung bei diesem Vitium normal (Tab. X, 7.a, f-g), bei der Mitralstenose an der Pulmonalis und Aorta länger als normal (Tab. XI, 7.a, f-g), ebenfalls vermutlich infolge der von HECKMANN und von GADERMANN beschriebenen Linksverschiebung. Die relative Zeit bis zum Beginn der Lateralbewegung ist bei der Mitralstenose im Ventrikelbereich vermutlich durch die verminderte und verlangsamte diastolische Füllung länger (Tab. XI, 7.b, a-d), bei der Mitralinsuffizienz an der Aorta kürzer als normal (Tab. X, 7.b, g). Der prozentuale Anteil an der Gesamtfläche der R-R-Kurve ist bei der Mitralstenose im Ventrikelbereich in den beiden mittleren Vierteln deutlich höher als normal (Tab. XI, 9.b, a-d), wahrscheinlich eine Folge des Absinkens der Basislinie durch das Auftreten eines diastolischen Kollapses infolge verminderter Füllungsgeschwindigkeit. In der Aortenkurve tritt eine Verminderung des Anteiles des zweiten Viertels unter Betonung des dritten auf (Tab. XI, 9.b, g). Die schnellste Medialbewegung im Ventrikelbereich zeigen die Patienten mit Mitralstenose im dritten Sechstel, vermutlich wegen verringerter Vorspannung infolge ungenügender Füllung, der Beginn der Lateralbewegung wandert in der Geschwindigkeitsübersicht von kaudal nach kranial vom vierten zum letzten Sechstel, wahrscheinlich durch die verlangsamte diastolische Füllung verursacht. An der Pulmonalis dauert die Lateral-

bewegung bis in das dritte Sechstel an, wahrscheinlich infolge des erhöhten Druckes, an der Aorta dauert diese Bewegung bei beiden Mitralvitien bis in das dritte Sechstel an (Tab. XI, 10,a-g und Tab. X,10,g).

Aortenvitium (Tab. I, II, XII, XIII, XIV und
Abb. 9, 14a-f)

Über das Verhalten des kombinierten Aortenvitiums im Eky liegen von HECKMANN keine Angaben vor. Die Amplituden der Ventrikel- und Pulmonaliskurven bewegen sich bei den drei Krankheitsbildern im Normalbereich. An der Aortenkurve erscheinen sie vergrößert bei Aortenstenose bzw. IHSS (Abb. 14b), möglicherweise bedingt durch Pendelbewegungen infolge der sicherlich vorhandenen Linkshypertrophie. Hier muß darauf hingewiesen werden, daß diese beiden Krankheitsbilder in dieser Arbeit mit Absicht zusammengefaßt werden, obwohl sie klinisch und pathogenetisch sehr wenig miteinander zu tun haben. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die Abweichungen durchaus nicht größer sind als z.B. bei den Patienten mit Aorteninsuffizienz, bei denen Alter, Krankheitsbild und klinischer Schweregrad gleich sind. Der Abstand zwischen Spitze und Inzisur der Aortenkurve ist beim kombinierten Aortenvitium geringgradig vergrößert, bei der Aorteninsuffizienz vermutlich wegen des geringen klinischen Schweregrades (I) durchaus normal (Abb. 14e), während DACK und PALEY bei der Aorteninsuffizienz eine tiefgelegene flache Inzisur angeben, die jedoch nicht immer vorhanden sein muß.

Die Latenzzeit der Ventrikelkurven ist stark verlängert bei kombiniertem Aortenvitium (Abb. 14c). Bei diesen Patienten ist zu bedenken, daß eine schwere Herzinsuffizienz und im EKG Zeichen schwerer Linksüberlastung und inkompletten Linksschenkelblockes bestehen. Ebenso ist der Beginn der schnellen Lateralbewegung der Gefäße bei diesen Patienten gegenüber den Normalwerten verzögert und bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS deutlich verfrüht (Abb. 14c), aber noch im unteren Normbereich der Angaben von HECKMANN. Bei der Aorteninsuffizienz liegt der Beginn dieser Bewegung im Bereich der Normalwerte (Abb. 14c), während sie nach HECKMANN schon sehr früh auftritt (isometrische Phase auf 0,02-0,01 sec verkürzt). Die Geschwindigkeit dieser Phase ist erhöht bei den Patienten mit kombiniertem Aortenvitium, hier wohl trotz Herzinsuffizienz, Volumenüberlastung und erhöhten Strömungswiderstandes, und bei denen mit Aorteninsuffizienz (Abb. 14f), was sich mit der Aussage von HECKMANN deckt. Die Lateralbewegung der Aorta dauert länger als normal bei kombiniertem Aortenvitium und Aortenstenose bzw. IHSS, ist aber leicht verkürzt bei Aorteninsuffizienz (Abb. 14d). Bei der Aorteninsuffizienz beschreibt HECKMANN die Dauer der raschen Austreibung als verlängert und die langsame Phase der Lateralbewegung als verkürzt, so daß insgesamt eine kürzere Dauer der Lateralbewegung resultiert. Die Aortenstenose verursacht nach DACK und PALEY im Eky überhaupt keine konstanten Veränderungen im Kymogramm der Aorta. COHEN und Mitarb. beobachte-

ten bei diesem Krankheitsbild bei radarkymographischen Untersuchungen eine Verlängerung der Zeit zwischen Beginn der Austreibungsphase und der Spitze der Aortenkurve gegenüber Kontrollpersonen als Ausdruck der erschwerten Austreibung.

Die relative Dauer bis zum Beginn der Medialbewegung ist im Ventrikelbereich verlängert bei kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII,7.a,a-d), sicherlich bedingt durch Stenose, Herzinsuffizienz und Linksschenkelblock, leicht verkürzt bei den Patienten mit Aorteninsuffizienz (Tab. XIII,7.a,a-d). An der Aorta ist sie verlängert bei kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII,7.a,g) als Ausdruck der verlängerten Austreibung infolge des vermehrten Volumens, der Stenose und der Herzinsuffizienz, verkürzt bei Aortenstenose bzw. IHSS (Tab. XIV,7.a,g), was gegen die Beobachtungen von DACK und PALEY zu sprechen scheint, aber durch die relativ niedrige Frequenz dieser beiden Patienten bedingt sein dürfte, da doch die absolute Dauer deutlich verlängert ist (s.o.) (vgl. Tab. XII-XIV,7.a,g mit Tab. I und II,7.a,g). Die relative Dauer bis zur Lateralbewegung ist am Ventrikel deutlich verkürzt bei den Patienten mit Aortenstenose bzw. IHSS (Tab. XIV,7.b,a-d); dies ist vermutlich die Folge des erhöhten endsystolischen Volumens und dadurch beschleunigter diastolischer Füllung. An der Aorta ist dieser relative Zeitanteil verlängert bei kombiniertem Aortenvitium (Tab. XII,7.b,g), verursacht durch Herzinsuffizienz und erhöhten Strömungswiderstand, verkürzt bei der Aortenstenose bzw. IHSS (Tab. XIV,7.b,g), wiederum verursacht durch die infolge der niedrigen Herzfrequenz lange Aktionsdauer.

Im Ventrikelbereich ist der relative Anteil des zweiten Viertels an der Gesamtfläche der R-R-Kurve bei kombiniertem Aortenvitium deutlich vergrößert (Tab. XII,9.b,a-d). Dies könnte eine Folge der bestehenden Herzinsuffizienz und auch die Folge erschwelter Austreibung wegen der Stenosekomponente darstellen. Bei der Aortenstenose bzw. IHSS ist das dritte Viertel stärker betont als das zweite, bei den Normalpersonen ist es umgekehrt (vgl. Tab. XIV,9.b,a-d mit Tab. II,9.b,a-d). Das ist möglicherweise ein Zeichen von bestehender Überfüllung des Ventrikels, die von HECKMANN als kuppelförmiger Verlauf der Diastole beschrieben wird. An der Aortenkurve ist beim kombinierten Aortenvitium der relative Anteil des zweiten Viertels verringert, der des dritten geringgradig betont (Tab. XII,9.b,g), als Ausdruck der relativ spät einsetzenden Lateralbewegung infolge der Herzinsuffizienz und des erhöhten Strömungswiderstandes. Bei Aortenstenose bzw. IHSS sieht man eine deutliche Vergrößerung des Anteiles der ersten zwei Viertel, während die beiden letzten deutlich verringert sind (Tab. XIV,9.b,g). Dies könnte durch die verlängerte Dauer der Lateralbewegung, die weiter in das zweite Viertel hinein andauert und von einem steilen Abfall gefolgt ist, oder durch ein (wie bereits erwähnt) eventuell infolge der sicher vorhandenen Linkshypertrophie bestehendes Linksendeln hervorgerufen sein. Bei den Patienten mit Aorteninsuffizienz ergeben sich in dieser Hinsicht absolut keinerlei Abweichungen von den Normalwerten (vgl. Tab. XIII,9.b,g mit Tab. I,9.b,g), obwohl nach den Angaben von HECKMANN, der einen beschleunigten diastolischen Abfall bei

diesem Vitium beschreibt, das dritte und vierte Viertel eindeutig geringere Anteile aufweisen müßten. Dies ist, wie bei der Amplituendifferenz erwähnt, sicher durch den geringen klinischen Schweregrad der Krankheit bei den hier untersuchten Patienten bedingt.

Die Geschwindigkeitsübersicht läßt bei Aortenstenose bzw. IHSS die schnelle diastolische Ventrikelauffüllung, die HECKMANN als kuppelförmigen Verlauf der Diastole beschreibt, dadurch erkennen, daß die Lateralbewegung im Ventrikelbereich schon im dritten Sechstel der Kurve vorhanden ist (Tab. XIV,10,a-d), normal aber erst ab dem vierten Sechstel. Die Aortenkurve zeigt bei den Patienten mit kombiniertem Aortenvitium noch positive (lateral gerichtete) Geschwindigkeiten im dritten Sechstel (Tab. XII,10,g), wie schon erwähnt sicher als Ausdruck der bestehenden Herzinsuffizienz, der Volumenüberfüllung und des erhöhten Strömungswiderstandes. Bei der Aorteninsuffizienz erfolgt der diastolische Abfall ganz normal im dritten Sechstel der Kurve (Tab. XIII,10,g) infolge des geringen klinischen Schweregrades der hier untersuchten Fälle, während HECKMANN (s.o.) einen beschleunigten diastolischen Abfall beschreibt.

B 6. Zusammenfassung

Die Radarkymographie stellt in gewisser Weise eine Weiterentwicklung der seit vielen Jahren angewandten Elektrokymographie dar. Ihre Bedeutung liegt darin, daß die Kurven quantitativ auswertbar sind. Es werden echte Bewegungen gemessen und aufgezeichnet. Insgesamt wurden 50 Personen untersucht. Dabei konnte nachgewiesen werden, daß verschiedene Altersstufen (hier war die Grenze 40 Jahre) ohne kardiale Erkrankungen verschiedenes Verhalten zeigen. Bei den Patienten mit Herzinfarkt im Vorderwand-Spitzen-Bereich konnten einwandfrei verringerte Amplituden und ein abnormes Verhalten des Ventrikels im infarzierten Bereich und in der gesamten Herzdynamik nachgewiesen werden. Ebenso waren bei den verschiedenen Klappenfehlern eindeutige Abweichungen vom Normalverhalten festzustellen. Einzig bei den Patienten mit Hypertonus waren die Ergebnisse nicht so evident von denen der Kontrollgruppen verschieden.

B 7. Literatur

1. BOONE, B.R., F.G. ELLINGER and I.G. GILICK:
Electrokymography of the heart and great vessels. Principles and application. Ann. intern. Med. 31, 1030 (1949).
2. BÜLL, U., STRAUER, B.E., HAST, B., NIENDORF, H.P.: Die ²⁰¹Thallium-Szintimetrie des Herzens als neues Verfahren zur funktionellen Differenzierung der koronaren Herzkrankheit. Fortschr. Röntgenstr. 1976 im Druck (Mai).
3. COHEN, L.S., SIMON, A.L., WHITEHOUSE, W.C., SCHUETTE, W.H. and BRAUNWALD, E.: Heart motion video-tracking (radarkymography) in the diagnosis of congenital and acquired heart disease. The Am. J. of Cardiology 22, 678 (1968).
4. LACK, S. and D.H. PALEY: Elektrokymography I. The ventricular elektrokymogram. Amer. J. Med. 12, 581 (1952).
5. LACK, S. and D.H. PALEY: Elektrokymography II. The great vessels and auricular elektrokymography. Amer. J. Med. 12, 447 (1952).
6. DELHERM, P., THOYER-ROZAT, CODET et FISCHGOLD:
La kymographie et ses applications cliniques. Arch. Elect. méd. (1933).
7. GADERMANN, E.: Elektrokymographische Untersuchungen über das Verhalten der Herzpulsation bei Mitralvitien. Verh. dtsh. Ges. Kreislaufforsch. 20, 137 (1954).
8. GEHRKE, J.: Ultraschalltomographie am Herzen des Erwachsenen mit dem Real-Time-B-Scan-Verfahren. Electromedica 44, 2 (1976).
9. GÖTT, P. und J. ROSENTHAL: Über ein Verfahren zur Darstellung der Herzbewegung mittels Rönt-

- strahlen (Röntgenkymographie). Münch. med. Wschr. 1912 II, 2033.
10. HECKMANN, K.: Elektrokymographie. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1959.
 11. HECKMANN, K.: Grundriß der Elektrokymographie. Stuttgart: Georg Thieme 1952.
 12. HEINTZEN, P.: Roentgen-, Cine- and Videodensitometry. Stuttgart: Georg Thieme 1971.
 13. KOURILSKY, R. and M. MARCHAL: Exploration de la circulation pulmonaire au moyen de la ciné-densigraphie. Ann. Med. 20 (1952).
 14. LISSNER, J.: Flächen- und Elektrokymographie. Stuttgart: Georg Thieme 1952.
 15. LISSNER, J.: Flächen- und Elektrokymographie in der röntgenologischen Diagnostik der Mediastinal- und Lungenerkrankungen. Stuttgart: Georg Thieme 1962.
 16. LISSNER, J., P. MARHOFF: Videodensitometrie, technische Grundlagen und klinische Anwendung als Fernsehkymographie. Fortschr. Röntgenstr. 108, 79-88 (1968).
 17. LUISADA, A.A. and F.G. FLEISCHNER: Fluorcardiography (Electrokymography). Amer. J. Med. 6, 756 (1949).
 18. MORGAN, R.H. and R.E. STURM: The quantitative Elektrokymograph. Circulation 4, 604 (1951).
 19. MORRIS, D.C., FELNER, J.M., SCHLANT, R.C.: Echocardiographic diagnosis of Tetralogy of Fallot. Amer. J. Cardiol. 36, 908 (1975).
 20. SABAT, B.: Fortschr. Röntgenstr. 50, 3 (1934).
 21. SAPIRE, D.W., BLACK, I.F.S.: Echocardiographic detection of aneurysms of the interventricular septum associated with ventricular septal defect. Amer. J. Cardiol. 36, 797 (1975).

22. STINSON, E.B.: Metal markers in heart wall measure its beat. Med. World News 16, H.25, S. 23 (1975).
23. SCHLUNGBAUM, W.: Medizinische Strahlenkunde. Berlin: Walter de Gruyter 1963.
24. STUMPF, P.: Kymographische Röntgendiagnostik. Stuttgart: Georg Thieme 1951.
25. VAS, R., JOYNER, C.R., PITTMAN, D.: The displacement cardiograph. Trans Bio. Med. Engng. 23, 49 (1976).

MODELLVERSUCH ZUR RADARKYMOGRAPHISCHEN ANALYSE DER HERZBEWEGUNGEN AM HUND

Es soll ein Modell erarbeitet werden, das gestattet, die Bewegungen des Herzens zu analysieren. Dabei sollen nicht die Bewegungen als komplexe Vorgänge, sondern ihre einzelnen Komponenten dargestellt und analysiert werden und vor allem untersucht werden, welche Bewegungskomponenten überhaupt die uns sichtbare Herzbewegung definieren. Zu diesem Zweck schien es sinnvoll, verschiedene Versuche anzustellen. Es wurden drei Versuche mit Hunden durchgeführt. Zuerst wurde ein relativ großer Hund (20 kg) mit Nembutal narkotisiert. Darauf wurden Nativaufnahmen auf Magnetband gespeichert, wobei ein Lineal mit Bleimarkierungen als Vergleichsobjekt mit auf das Bild gebracht wurde. Über die A. Femoralis wurde ein Herzkatheter mit der Spitze in den linken Ventrikel geschoben. Dann wurde Kontrastmittel injiziert und neben den Röntgenaufnahmen (auf Bandspeicher aufgezeichnet) zugleich das EKG und simultan über blutige Druckmessung der Ventrikeldruck registriert. Der Hund wurde an ein Atemgerät angeschlossen und thorakotomiert. Es wurde eine große Bleimarkierung (ca. $7 \times 3 \times 0,5$ mm) an die Ventrikelwand genäht und im pa und seitlichen Strahlengang wurden Röntgenaufnahmen aufgezeichnet, abwechselnd in Inspirations- und Expirationsstellung. Darauf wurden eine kleine Bleimarke in die Ventrikelspitze durch den Katheter gesetzt und in Inspirations- und Expirationsstellung sowie mit und ohne KM-Füllung seitlich und pa Röntgenaufnahmen aufgezeichnet.

Bei einem anderen, relativ kleinen Hund wurde ähnlich verfahren, jedoch keine Bleimarkierung gesetzt. Anfangs wurde kein Katheter in die A. Femoralis eingeführt, sondern die Kontrastmittelfüllung über beide Vv. Brachiales durchgeführt. Es wurden Strophantin und Lasix verabreicht, um die große Flüssigkeitszufuhr zu kompensieren. Daraufhin wurde ein Katheter durch die A. Femoralis in den linken Ventrikel geschoben. Es wurden in verschiedenen Lagen und unter verschiedenen Bedingungen mit und ohne KM-Füllungen Röntgenaufnahmen aufgezeichnet.

Mit einem dritten Hund wurde ähnlich wie beim zweiten Versuch verfahren.

ERGEBNISSE

Es wurden aus dem ersten Versuch mehrere Ableitungen (z.B. Abb. 1-6) angefertigt.

Es zeigte sich bei den Versuchen folgendes: Das Verfahren der Radarkymographie ist durchaus geeignet, um mit Blei- oder anderen Markierungen versehene Herzen zu untersuchen. Die Markierung wird dabei fest auf die Herzoberfläche aufgebracht (in diesem Versuch ohne nachfolgenden Verschuß des Thorax). Es bietet sich an, im Rahmen von Herzoperationen Metallmarken aufzubringen und auf Magnetband Röntgenaufnahmen zu speichern. Es läßt sich dabei gut nachweisen, ob und in welchem Bereich axiale Verschiebungen, Drehbewegungen oder reine Zentripetal- bzw. Zentrifugalbewegungen an der Herzwand auftreten und sogar die Amplitude dieser Bewegungen exakt ausmessen.

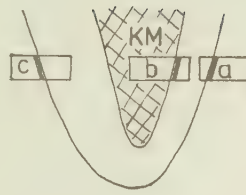
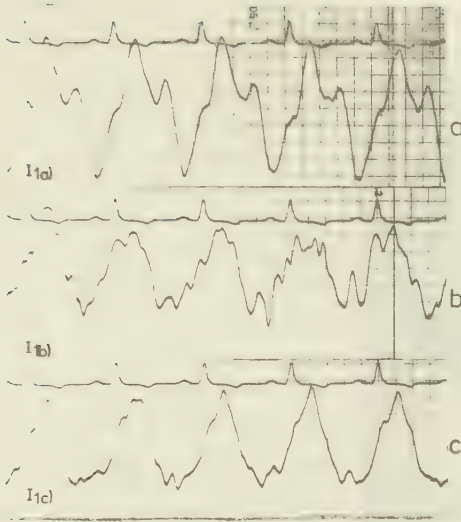
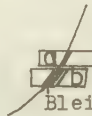
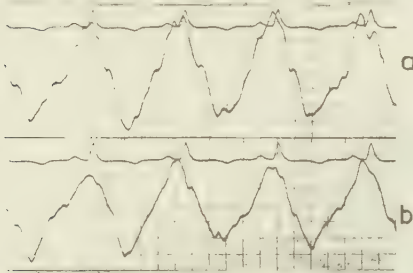


Abb. 1. Herz im un-
geöffneten Thorax,
pa, KM-Füllung in den
Clinken Ventrikel



Bleimarkierung

Abb. 2. Große Bleimar-
kierung, geöffneten Tho-
rax, Expiration, Mitte
linker Ventrikel außen.



Abb. 3 und 4. Ableitungsstellen von der Innen-
schicht der Herzwand, KM-Füllung, Lineal mit
Bleimarken.

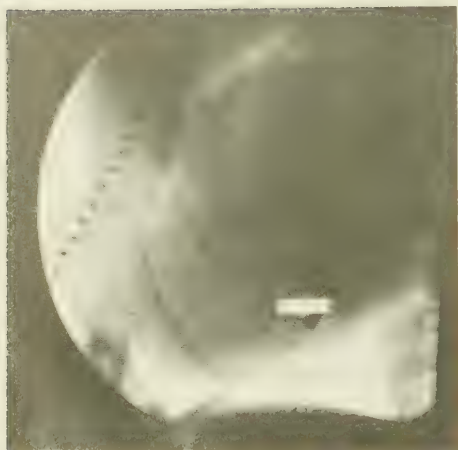


Abb. 5. Große Blei-
markierung, in Auf-
sicht.



Abb. 6. Große
Bleimarkierung,
seitlich.

Es wurde offenbar, daß für solche Versuche nur sehr kräftige Hunde geeignet sind. Die kleineren Versuchstiere konnten keiner Thorakotomie unterzogen werden, da sich ihr Zustand nach einigen KM-Füllungen bereits verschlechtert hatte. Es ist durchaus möglich, blutige Druckmessungen mittels Herzkatheter mit Ventrikelfüllungen durch Kontrastmittel, auch über die Vv. Brachiales, und der EKG-Aufzeichnung zu synchronisieren und die Radarkymogramme mit den Ventrikeldruckkurven zu vergleichen. Dabei kann man die Radarkymogramme sogar von der Innenwand der Ventrikels ableiten (Abb. 1, I_{1b} und Abb. 3 und 4).

Während der KM-Füllung kann man mit der Radarkymographie sehr gut die gesamte Herzwand an der Innen- und Außenfläche in allen Positionen ableiten und diese Kurven quantitativ auswerten. Wenn man die KM-Füllung über die Vv. Brachiales vornimmt, kann man sogar von allen vier Herzhöhlen die Innenfläche und von den beiden Kammern die Innen- und Außenfläche der Herzwand ableiten.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Lissner für die Überlassung des Arbeitsplatzes, Herrn Diplomphysiker M. Schätzel für die technische Beratung und ganz besonders Herrn Dr. Haendle für die fruchtbaren Anregungen und die überaus freundliche Mitarbeit.

Lebenslauf

Am 15. 1. 1950 in Thalersdorf, Landkreis
Iegen, geboren, besuchte ich, Franz Schaffer,
bis 1970 das Johannes-Turmair-Gymnasium in
Straubing.

1970 begann ich das Studium der Medizin
an der Ludwigs-Maximilians-Universität zu
München, bestand im Frühjahr 1973 die ärzt-
liche Vorprüfung und legte im Herbst 1976
das Staatsexamen ab.

